



**EKSPLORASI METODE  
*BAR CHART, CPM, PDM, PERT,*  
*LINE OF BALANCE* DAN *TIME CHAINAGE DIAGRAM*  
DALAM PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI**

**TESIS**

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Penyelesaian  
Pendidikan Program Magister Teknik Sipil

Oleh :

**ARIF ARIANTO**

**L4A.008.006**

**PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2010**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**EKSPLORASI METODE  
BAR CHART, CPM, PDM, PERT,  
LINE OF BALANCE DAN TIME CHAINAGE DIAGRAM  
DALAM PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI**

**Disusun Oleh :**

**Arif Arianto**  
**NIM : L4A. 008. 006**

**Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :  
27 Desember 2010**

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil**

**Tim Penguji :**

- 1. Ir. M. Agung W, MM, M.Sc, PhD (Ketua) :.....**
- 2. Jati Utomo D.H, ST, MM, M.Sc, PhD (Anggota 1) :.....**
- 3. Ir. Windu Partono, M.Sc (Anggota 2) : .....**
- 4. Ir. Arief Hidayat, CES, MT (Anggota 3) : .....**

**Semarang, Januari 2011**  
**Universitas Diponegoro**  
**Program Pascasarjana**  
**Magister Teknik Sipil**

**Ketua,**

**Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA**  
**NIP 19530326 198703 1 001**

## ABSTRAK

Tantangan pada pelaksanaan proyek adalah bagaimana merencanakan jadwal waktu yang efektif dan perencanaan biaya yang efisien tanpa mengurangi mutu. Di dalam industri konstruksi dikenal beberapa metode penjadwalan proyek, antara lain : *Bar Chart*, *Network Diagram* (*CPM, PDM, PERT*), serta metode Penjadwalan Linear (*Line of Balance*, dan *Time Chainage Diagram*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang umum dipakai di Indonesia, membandingkan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek untuk mencari karakter yang sesuai dengan sifat proyek, dan melakukan simulasi masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan 15 jadwal proyek yang meliputi proyek gedung, jalan, dan bangunan air. Kemudian dilakukan analisis data, elaborasi dan komparasi dari 1 sampel dari masing-masing tipe proyek, yaitu berupa metode *Bar Chart* yang diubah ke dalam bentuk metode *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line of Balance* (*LoB*), dan *Time Chainage Diagram*. Hasil analisa menunjukkan bahwa *Bar Chart* masih umum digunakan di dalam penjadwalan proyek konstruksi (13 dari 15 proyek), sedangkan metode *Network Diagram* cocok untuk proyek yang bersifat kompleks karena dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan memiliki teknik hitungan matematis, dan metode Penjadwalan Linear sesuai untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang/linier karena dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek pada waktu dan tempat tertentu, misalnya pada proyek Jalan Demak *Bypass*. Agar dapat saling menutupi kekurangan masing-masing metode, maka sebaiknya tidak hanya menggunakan satu metode perencanaan dan penjadwalan proyek, tapi juga dapat mengombinasikannya dengan metode yang lain. Sebagai tindak lanjut dari studi ini adalah perlu adanya penerapan dan penggunaan metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang sesuai dengan karakteristik proyek. Selanjutnya dapat dilakukan kajian yang lebih mendalam untuk mengetahui hubungan logika ketergantungan dan lintasan kritis pada *LoB*.

Kata kunci : Penjadwalan Proyek, *Bar Chart*, *Network Diagram*, Penjadwalan Linear.

## **ABSTRACT**

One of challenges in construction project is how to plan an effective schedule. Several methods of project scheduling includes: Bar Chart, Network Diagram (CPM, PDM, PERT), and linear scheduling method (Line of Balance, and Time Chainage Diagram). The purposes of this study are to find the general scheduling method of project in Indonesia, to compare and to perform simulation of each type of schedule, and to analyze the strengths and weaknesses of each type of schedule. Data of project schedule was collected from 15 projects buildings, roads, and water buildings. Analysis, elaboration and comparison of existing schedule was performed. The Bar Chart is converted into CPM, PDM, PERT, Line of Balance (LoB), and Time Chainage Diagram. The results showed that the Bar Chart is still commonly used in construction projects (13 out of 15 projects), Network Diagram are proven to be powerful scheduling and suitable for complex projects because it has the reliability in showing the relationship among activities and the critical path of project activities, and Linear scheduling method are suitable for projects of a repetitive nature/linier because it can detect obstacles or conflicts among activities. To overcome weaknesses of each type of schedule, it should be combined among types of schedule. Recommendations for further study are the use of each type of schedule which is suitable with characteristic of projects, and further analysis and improvement of relationships among activities and critical path method in LoB.

**Keywords:** Project Scheduling, Bar Chart, Network Diagram, Linear Scheduling.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul “**Eksplorasi Metode *Bar Chart*, *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line of Balance* dan *Time Chainage Diagram* dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi**” ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam semoga tercurah keharibaan nabi Muhammad SAW. Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan penyelesaian pendidikan Program Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Manajemen Konstruksi, Universitas Diponegoro.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada :

1. Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA selaku ketua program studi Magister Teknik Sipil Undip.
2. Ir. M. Agung Wibowo, MM, M.Sc, PhD sebagai dosen pembimbing I, yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan saran-saran selama penyusunan tesis ini.
3. Jati Utomo Dwi H, ST, MM, M.Sc, PhD sebagai dosen pembimbing II, atas waktu yang telah disediakan untuk bimbingan, pengarahan, serta semangat yang telah diberikan selama penyusunan tesis ini.
4. Kedua orang tuaku tercinta atas dukungan, motivasi dan doa restunya.
5. Saudaraku, atas dukungan serta doanya.
6. Rekan-rekan MK Angkatan 2008, atas dukungan dan kerjasamanya selama ini.
7. Seluruh Staf kesekretariatan Program Magister Teknik Sipil UNDIP dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Semarang, Desember 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Konsep Penjadwalan Proyek Konstruksi.....	7
2.2. <i>Bar Chart</i> (Bagan Balok) .....	8
2.2.1. Format <i>Bar Chart</i> .....	8
2.2.2. Kritikan Terhadap Metode <i>Bar Chart</i> .....	9
2.3. Metode <i>Network Diagram</i> .....	11
2.3.1. CPM ( <i>Critical Path Method</i> ).....	13
2.3.1.1. Teknik Perhitungan CPM .....	13
2.3.1.2. Kritikan Terhadap CPM .....	16
2.3.2. PDM ( <i>Precedence Diagram Method</i> ) .....	17
2.3.2.1. Hubungan Logika ketergantungan PDM.....	18
2.3.2.2. Teknik Perhitungan PDM.....	21
2.3.2.3. Kegiatan <i>Splitable</i> .....	23
2.3.2.4. Kegiatan <i>Non-Splitable</i> .....	23
2.3.2.5. Kritikan Terhadap PDM .....	24

2.3.3. PERT ( <i>Project Evaluation and Review Technique</i> ) .....	25
2.3.3.1. Teknik Perhitungan PERT .....	26
2.3.3.2. Kritikan terhadap PERT .....	29
2.4. Metode Penjadwalan Linear .....	29
2.4.1. LoB ( <i>Line of Balance</i> ) .....	29
2.4.1.1. Teknik Perhitungan LoB .....	31
2.4.1.2. <i>Buffer</i> .....	33
2.4.1.3. Metodologi Berbasis Lokasi .....	34
2.4.1.4. Kritikan Terhadap LoB .....	36
2.4.2. <i>Time Chainage Diagram</i> .....	37
2.4.2.1. Format <i>Time Chainage Diagram</i> .....	37
2.4.2.2. Kritikan terhadap <i>Time Chainage Diagram</i> .....	40
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Jenis Penelitian .....	41
3.2. Obyek Penelitian .....	41
3.3. Lokasi Penelitian .....	43
3.4. Metode Pengumpulan Data .....	45
3.4.1. Data Primer .....	45
3.4.2. Data Sekunder .....	45
3.5. Metode Analisis Data .....	45
3.6. Metode Komparasi .....	45
<b>BAB IV DATA PENELITIAN</b>	
4.1. Data Penelitian .....	47
4.1.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Gedung .....	47
4.1.1.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> .....	47
4.1.1.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan .....	53
4.1.1.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung <i>Season City (Mall dan Apartment)</i> .....	55
4.1.1.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung Mangga Dua Hotel <i>dan Residence</i> .....	60

4.1.1.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung <i>The Lavande Apartment</i> .....	63
4.1.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Jalan .....	67
4.1.2.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Pati-Rembang-Bulu .....	67
4.1.2.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati .....	67
4.1.2.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Weleri-Semarang.....	68
4.1.2.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Semarang-Demak .....	69
4.1.2.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	70
4.1.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Bangunan Air .....	71
4.1.3.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek <i>Graving Dock</i> .....	71
4.1.3.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Waduk Panohan Tahap III.....	74
4.1.3.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Bendungan Gonggang .....	74
4.1.3.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Sabo DAM PU-RD3.....	75
4.1.3.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Embung Tambak Boyo Tahap V .....	76
4.2. Tabulasi Data.....	77
<b>BAB V HASIL ANALISA DATA</b>	
5.1. Hasil Analisa Data.....	78
5.1.1. Analisa Hubungan Logika Ketergantungan Pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	79
5.1.2. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan <i>Bar Chart</i> .....	82
5.1.2.1. <i>Bar Chart</i> Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	82
5.1.2.2. <i>Bar Chart</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	85

5.1.2.3. <i>Bar Chart</i> Proyek <i>Graving Dock</i> .....	86
5.1.3. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan CPM.	87
5.1.3.1. CPM Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	87
5.1.3.2. CPM Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	91
5.1.3.3. CPM Proyek <i>Graving Dock</i> .....	92
5.1.4. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan PDM.	93
5.1.4.1. PDM Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	94
5.1.4.2. PDM Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	97
5.1.4.3. PDM Proyek <i>Graving Dock</i> .....	98
5.1.5. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan PERT	99
5.1.5.1. PERT Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	99
5.1.5.2. PERT Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	105
5.1.5.3. PERT Proyek <i>Graving Dock</i> .....	110
5.1.6. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan LoB ..	114
5.1.6.1. LoB Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	115
5.1.6.2. LoB Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	119
5.1.6.3. LoB Proyek <i>Graving Dock</i> .....	125
5.1.7. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan <i>Time Chainage Diagram</i> .....	125
5.1.7.1. <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A	126
5.1.7.2. <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	127
5.1.7.3. <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek <i>Graving Dock</i> .....	130
5.2. Diskusi/Perbandingan Masing-masing Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek.....	131
5.2.1. Hasil Pembahasan Metode <i>Bar Chart</i> .....	131
5.2.2. Hasil Pembahasan CPM .....	133
5.2.3. Hasil Pembahasan PDM .....	136
5.2.4. Hasil Pembahasan Metode PERT.....	139
5.2.5. Hasil Pembahasan Metode LoB .....	139
5.2.6. Hasil Pembahasan Metode <i>Time Chainage Diagram</i> .....	139
5.3. Analisa Komparasi .....	140
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan.....	142

6.2. Saran .....	144
DAFTAR PUSTAKA .....	145
LAMPIRAN	
A. Tabel Distribusi Standar Normal Kumulatif Z Negatif .....	148
B. Tabel Distribusi Standar Normal Kumulatif Z Positif.....	149
C. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	150
D. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	151
E. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek <i>Graving Dock</i> .....	151

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Bar Chart</i> atau <i>Gantt Chart</i> .....	9
Gambar 2.2. <i>Bar Chart</i> untuk Tiga Unit Berulang .....	10
Gambar 2.3. <i>Linked Gantt Chart</i> .....	10
Gambar 2.4. Gambar AOA.....	14
Gambar 2.5. Kegiatan Semu atau <i>Dummy</i> .....	15
Gambar 2.6. Variasi <i>Float</i> dari Suatu Kegiatan .....	16
Gambar 2.7. Penggunaan <i>Dummy</i> Pada CPM untuk Memecah Kegiatan Pada Kegiatan yang Berulang .....	17
Gambar 2.8. Konstrain <i>Finish to Start</i> .....	19
Gambar 2.9. Konstrain <i>Start to Start</i> .....	19
Gambar 2.10. Konstrain <i>Finish to Finish</i> .....	20
Gambar 2.11. Konstrain <i>Start to Finish</i> .....	20
Gambar 2.12. Lambang Kegiatan PDM .....	21
Gambar 2.13. <i>Dummy Start</i> dan <i>Finish</i> Pada PDM .....	21
Gambar 2.14. Hubungan Kegiatan i dan j .....	22
Gambar 2.15. Kegiatan <i>Splitable</i> .....	23
Gambar 2.16. Kegiatan <i>Non-Splitable</i> .....	23
Gambar 2.17. Diagram Jaringan Kerja PDM Untuk Tiga Unit Berulang .....	25
Gambar 2.18. Bagan Balok Transfer dari Jaringan Kerja PDM.....	25
Gambar 2.19. Kurva Distribusi Beta .....	26
Gambar 2.20. Kurva Distribusi Normal .....	27
Gambar 2.21. Diagram PERT Precedence Network dengan Waktu yang Diharapkan ( $t_e$ ) dan Standar Deviasi ( $s$ ) .....	28
Gambar 2.22. Hubungan antara LoB Kuantitas $q$ dan Waktu $t$ .....	31
Gambar 2.23. Contoh Format LoB Yang Menunjukkan Informasi Yang Dimuat dalam PDM.....	32
Gambar 2.24. Penjadwalan LoB Yang Menunjukkan Adanya Konflik Yang Harus Dihindari.....	33
Gambar 2.25. <i>Time</i> dan <i>Space Buffer</i> .....	34
Gambar 2.26. <i>Line of Balance</i> yang Menunjukkan Garis Permulaan dan Penyelesaian	34

Gambar 2.27. Keseimbangan Produksi dari Tiga Tugas dalam LoB .....	35
Gambar 2.28. <i>Flowline</i> dari Empat Tugas Yang Menunjukkan <i>Delay</i> .....	35
Gambar 2.29. <i>Layout</i> Proyek Tipikal untuk Persiapan LBS .....	36
Gambar 2.30. LBS untuk Proyek Tipikal .....	36
Gambar 2.31. Bentuk Umum dari Metode <i>Time Chainage Diagram</i> .....	38
Gambar 2.32. Contoh Metode <i>Time Chainage Diagram</i> Pada Gedung Bertingkat .....	39
Gambar 3.1. <i>Site Plan Teaching Hospital</i> .....	42
Gambar 3.2. 3D <i>Teaching Hospital</i> .....	42
Gambar 3.3. Lokasi Penelitian Proyek <i>Teaching Hospital</i> .....	43
Gambar 3.4. <i>Layout</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	44
Gambar 3.5. Lokasi Proyek <i>Graving Dock</i> .....	44
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian .....	46
Gambar 4.1. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> (1/4) .....	49
Gambar 4.1. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> (2/4) .....	50
Gambar 4.1. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> (3/4) .....	51
Gambar 4.1. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> (4/4) .....	52
Gambar 4.2. Penjelasan Warna Pada <i>Linked Bar Chart</i> Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> .....	52
Gambar 4.2. Penjelasan Warna Pada <i>Linked Bar Chart</i> Proyek Gedung <i>Teaching Hospital</i> .....	53
Gambar 4.3. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan .....	54
Gambar 4.4. Penjelasan Warna Pada <i>Bar Chart</i> Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan .....	55
Gambar 4.5. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Seasons City</i> (1/3) .....	57
Gambar 4.5. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Seasons City</i> (2/3) .....	58
Gambar 4.5. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>Seasons City</i> (3/3) .....	59
Gambar 4.6. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung Mangga Dua Hotel dan <i>Residence</i> (1/2). .....	61
Gambar 4.6. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung Mangga Dua Hotel dan <i>Residence</i> (2/2). .....	62
Gambar 4.7. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>The Lavande Apartment</i> (1/3) .....	64
Gambar 4.7. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>The Lavande Apartment</i> (2/3) .....	65
Gambar 4.7. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Gedung <i>The Lavande Apartment</i> (3/3) .....	66
Gambar 4.8. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Jalan Pati-Rembang-Bulu .....	67
Gambar 4.9. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati .....	68



Gambar 4.10. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Jalan Weleri-Semarang .....	69
Gambar 4.11. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Jalan Semarang-Demak.....	70
Gambar 4.12. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	71
Gambar 4.13. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek <i>Graving Dock</i> (1/2) .....	72
Gambar 4.13. <i>Linked Bar Chart</i> Pada Proyek <i>Graving Dock</i> (2/2) .....	73
Gambar 4.14. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Waduk Panohan Tahap III .....	74
Gambar 4.15. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Bendungan Gonggang.....	75
Gambar 4.16. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Sabo DAM PU-RD3 .....	76
Gambar 4.17. <i>Bar Chart</i> Pada Proyek Embung Tambakboyoy Tahap V .....	76
Gambar 5.1. Grafik Persentase Penggunaan Metode <i>Bar Chart</i> .....	78
Gambar 5.2. <i>Linked Bar Chart Teaching Hospital Gedung A</i> .....	79
Gambar 5.3. Efek Perubahan Durasi <i>Linked Bar Chart Column, Beam &amp; Slab</i> Lantai 1 Dengan Hubungan SS .....	80
Gambar 5.4. Kelemahan Paket <i>Software MS Project</i> .....	80
Gambar 5.5. Efek Perubahan Durasi <i>Linked Bar Chart Column, Beam &amp; Slab</i> Lantai 1 Dengan Hubungan FS .....	81
Gambar 5.6. <i>Bar Chart</i> Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	84
Gambar 5.7. <i>Bar Chart</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	85
Gambar 5.8. <i>Bar Chart</i> Proyek <i>Graving Dock</i> .....	86
Gambar 5.9. CPM Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	88
Gambar 5.10. Diagram <i>Network</i> .....	89
Gambar 5.11. Contoh Item Kegiatan Pada CPM Yang Terputus <i>Link</i> -nya .....	89
Gambar 5.12. CPM Perbaikan dari Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	90
Gambar 5.13. CPM Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	91
Gambar 5.14. CPM Proyek <i>Graving Dock</i> .....	92
Gambar 5.15. Lambang PDM .....	93
Gambar 5.16. PDM Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	94
Gambar 5.17. Item Kegiatan Pada PDM Yang Terputus <i>Link</i> -nya .....	95
Gambar 5.18. PDM Perbaikan dari Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	96
Gambar 5.19. PDM Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	97
Gambar 5.20. PDM Proyek <i>Graving Dock</i> .....	98
Gambar 5.21. PERT Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i> .....	101
Gambar 5.22. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek <i>Teaching Hospital Gedung A</i>	103

Gambar 5.23. PERT Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	106
Gambar 5.24. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	108
Gambar 5.25. PERT Proyek <i>Graving Dock</i> .....	111
Gambar 5.26. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek <i>Graving Dock</i> .....	113
Gambar 5.27. <i>Network</i> Diagram dari Paket Kegiatan Tiap Lantai Tipikal <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	115
Gambar 5.28. Diagram LoB Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	117
Gambar 5.29. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	118
Gambar 5.30. Perbaikan 2 Diagram LoB Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	119
Gambar 5.31. WBS Proyek Jalan .....	120
Gambar 5.32. <i>Network</i> Diagram Tiap <i>Section</i> Divisi Pekerjaan .....	121
Gambar 5.33. Diagram LoB Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	123
Gambar 5.34. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	124
Gambar 5.35. Perbaikan 2 Diagram LoB Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	125
Gambar 5.36. <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	126
Gambar 5.37. <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	127
Gambar 5.38. Perbaikan <i>Time Chainage Diagram</i> Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	129
Gambar 5.39. Efek Keterlambatan Pada <i>Bar Chart</i> .....	131
Gambar 5.40. Bobot Pekerjaan Pada <i>Bar Chart</i> .....	132
Gambar 5.41. Kegiatan <i>Splitable</i> Pada <i>Bar Chart</i> .....	133
Gambar 5.42. Penggunaan <i>Dummy</i> dan Pemecahan Kegiatan Pada CPM.....	134
Gambar 5.43. Inefisiensi Sumber Daya Pada CPM .....	135
Gambar 5.44. Diagram CPM Yang Dittransfer ke PDM .....	136
Gambar 5.45. Rangkaian Kegiatan Kritis Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	137
Gambar 5.46. Diagram PDM Yang Dittransfer ke LoB.....	138

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan <i>Splitable</i> .....	23
Tabel 2.2. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan <i>Non-Splitable</i> .....	24
Tabel 4.1. Item Pekerjaan Pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	48
Tabel 4.2. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Gedung .....	77
Tabel 4.3. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Jalan .....	77
Tabel 4.4. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Bangunan Air .....	77
Tabel 5.1. <i>List of Activity</i> dan Durasi pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	83
Tabel 5.2. <i>List of Activity</i> dan Durasi pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	85
Tabel 5.3. <i>List of Activity</i> dan Durasi pada Proyek <i>Graving Dock</i> .....	86
Tabel 5.4. Estimasi Durasi PERT pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	100
Tabel 5.5. Estimasi Durasi PERT Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	105
Tabel 5.6. Estimasi Durasi PERT Proyek <i>Graving Dock</i> .....	110
Tabel 5.7. Daftar Paket Pekerjaan dari Tiap Lantai Tipikal.....	115
Tabel 5.8. LoB <i>Schedule</i> Pada Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A .....	116
Tabel 5.9. Perbaikan 1 LoB <i>Schedule</i> Proyek <i>Teaching Hospital</i> GedungA.....	117
Tabel 5.10. Perbaikan 2 LoB <i>Schedule</i> Proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.....	118
Tabel 5.11. Daftar Divisi Pekerjaan .....	121
Tabel 5.12. LoB <i>Schedule</i> pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	122
Tabel 5.13. Perbaikan 1 LoB <i>Schedule</i> pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	123
Tabel 5.14. Perbaikan 2 LoB <i>Schedule</i> pada Proyek Jalan Demak <i>Bypass</i> .....	124
Tabel 5.15. Analisa Komparasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek (1/2) ...	140
Tabel 5.15. Analisa Komparasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek (2/2) ...	141

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam menghadapi tuntutan globalisasi, perusahaan dituntut untuk bisa meningkatkan profesionalisme manajemen yang tinggi dan berusaha untuk mengambil tindakan dan strategi yang tepat, karena hanya perusahaan yang mempunyai keunggulan kompetitif saja yang akan mampu bertahan. Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting. Suatu perencanaan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek sehingga proyek dapat dilaksanakan dengan waktu yang efisien. Tanpa perencanaan yang tepat maka bukanlah tidak mungkin bila suatu proyek akan mengalami kegagalan yang akan merugikan perusahaan, misalnya pemborosan waktu dan tenaga kerja yang mengakibatkan peningkatan biaya. Oleh karena itu, perencanaan yang tepat dan sesuai dengan karakteristik proyek yang bersangkutan sangatlah diperlukan untuk menghadapi ketidakpastian kondisi proyek sehingga penjadwalan pelaksanaan suatu proyek sangat penting supaya proyek dapat dilaksanakan dengan waktu dan biaya yang efisien.

Perencanaan meliputi penetapan keputusan mengenai apa (*what*) yang diharapkan untuk dikerjakan, kapan (*when*) hal tersebut akan dikerjakan, siapa (*who*) yang akan melaksanakannya, dan bagaimana (*how*) sasaran tujuan akan dicapai. Perencanaan merupakan tanggung jawab manajemen yaitu mengelola seoptimal mungkin segala sumber daya yang tersedia dalam perusahaan. Sumber daya yang dimiliki perusahaan dalam melaksanakan aktivitas proyek adalah terbatas. Dengan keterbatasan-keterbatasan sumber daya tersebut, diperlukan suatu perencanaan yang matang dan baik agar dapat menggunakan sumber daya secara efisien. Perencanaan yang baik dan matang adalah suatu hal yang sangat penting dan sangat diperlukan dalam setiap kegiatan pelaksanaan proyek, sehingga akan turut menunjang tercapainya tujuan perusahaan konstruksi.

Manajemen merupakan proses terpadu di mana individu-individu sebagai bagian dari organisasi dilibatkan untuk memelihara, mengembangkan, mengendalikan, dan menjalankan program, yang kesemuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berlangsung terus menerus seiring berjalannya waktu. Sasaran manajemen yang ada pada usaha jasa konstruksi berbeda dengan manajemen pada usaha jasa non konstruksi. Manajemen proyek bersifat unik dan berdurasi terbatas. Dikatakan unik karena tidak ada

proyek yang memiliki karakter sama. Setiap proyek memiliki spesifikasi serta kondisi yang berbeda. Dikatakan berdurasi terbatas karena proyek konstruksi mempunyai waktu kegiatan awal dan akhir. Sehingga menuntut perhatian yang khusus dalam menyusun urutan-urutan rencana pelaksanaan. Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) sampai selesainya proyek untuk menjamin bahwa proyek dilaksanakan tepat biaya, tepat waktu, dan tepat mutu (Ervianto, 2005 : 21), ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*) (Husen, 2008 : 77).

Adapun perencanaan merupakan salah satu fungsi vital dalam kegiatan manajemen proyek, karena untuk mencapai tujuan, manajemen harus membuat langkah-langkah proaktif dalam melakukan perencanaan yang komprehensif agar sasaran dan tujuan dapat dicapai. Perencanaan dikatakan baik bila seluruh proses yang ada di dalamnya dapat diimplementasikan sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan dengan tingkat penyimpangan minimal serta hasil akhir maksimal. Secara filosofis perencanaan mencakup empat hal, yaitu aman, efektif, efisien, dan mutunya terjamin. Produk dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian. Proses dari perencanaan harus dapat mengantisipasi situasi proyek yang belum jelas dan penuh ketidakpastian. Ini karena aspek utama dari perencanaan adalah peramalan, yang tergantung pada pengetahuan teknis dan subjektivitas perencana. Karena itu, pada periode selanjutnya, masih dibutuhkan penyempurnaan dan tindakan koreksi sesuai perkembangan kondisi proyek.

Salah satu hasil dari perencanaan adalah penjadwalan proyek, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan atau *scheduling* proyek adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen, 2008 : 133). Metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan kerja (*network analysis*), yang menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitannya dengan

waktu. Jaringan kerja ini sangat berfaedah untuk perencanaan dan pengendalian proyek dari segi waktu. Makin besar skala proyek, semakin kompleks pengelolaan penjadwalan proyek karena dana yang dikelola sangat besar, kebutuhan dan penyediaan sumber daya juga besar, kegiatan yang dilakukan sangat beragam serta durasi proyek menjadi sangat panjang.

Tahap selanjutnya dari manajemen proyek adalah pengendalian. Pengendalian proyek adalah merupakan salah satu fungsi dari manajemen proyek yang sangat mempengaruhi hasil akhir proyek, pengendalian mempunyai tujuan utama meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama proses belangsungnya proyek. Menurut Mockler R.J. (1972), pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan tujuan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan, kemudian melakukan tindakan koreksi yang diperlukan agar sumber daya dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengendalian membutuhkan standar atau tolok ukur sebagai pembanding, alat ukur kerja, dan tindakan koreksi yang akan dilakukan bila terjadi penyimpangan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam proses pengendalian dapat berupa pengawasan, pemeriksaan, serta tindakan koreksi yang dilakukan selama proses implementasi.

Sumber daya proyek khususnya proyek konstruksi terdiri dari material, tenaga kerja, pendanaan, metode pelaksanaan dan peralatan. Sumber daya direncanakan untuk mencapai sasaran proyek dengan batasan waktu, biaya dan mutu. Tantangan pada pelaksanaan proyek adalah bagaimana merencanakan jadwal waktu yang efektif dan perencanaan biaya yang efisien tanpa mengurangi mutu. Waktu dan biaya merupakan dua hal penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi selain mutu, karena biaya yang akan dikeluarkan pada saat pelaksanaan sangat erat kaitannya dengan waktu pelaksanaan pekerjaan.

Untuk mencapai tujuan tersebut maka para kontraktor, developer maupun pemilik proyek mempunyai *schedule* pelaksanaan atau penjadwalan waktu pelaksanaan proyek dan sekaligus yang dapat mengontrol pelaksanaan proyek itu sendiri. Pada umumnya dalam penjadwalan waktu kontraktor (Pelaksana Proyek), developer (Pengembang) atau pemilik proyek biasanya menggunakan salah satu dari beberapa metode umum yang biasa digunakan dalam penjadwalan waktu pelaksanaan proyek, antara lain *Bar Chart*, *Network*

*Diagram (CPM,PDM,PERT), serta Metode Penjadwalan Linear (Line of Balance, dan Time Chainage Diagram).*

Meskipun demikian mengingat metode tersebut berfungsi sebagai alat, maka penggunaannya tergantung pada ketepatan pemilihan metode yang digunakan sesuai dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan, penguasaan teknik sepenuhnya oleh perencana, maupun pemahaman aplikasinya oleh penyelia yang hendak menerapkannya di lapangan. Karakteristik dari proyek konstruksi ada yang bersifat sederhana, kompleks, mempunyai hubungan ketergantungan antar kegiatan, mempunyai durasi waktu yang deterministik dan probabilistik, dan ada juga yang mempunyai sifat linear dan repetitif. Oleh karena itu, sehubungan dengan pentingnya pemilihan metode penjadwalan yang sesuai dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi dan demi menjamin kelancaran pelaksanaan suatu proyek maka penulis tertarik untuk mempelajari masalah penjadwalan proyek dengan judul: **“Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, Line of Balance dan Time Chainage Diagram dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi”**.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diteliti meliputi:

1. Apakah metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang umum dipakai di Indonesia ?
2. Bagaimana perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut untuk mencari karakter yang sesuai dengan sifat proyek ?
3. Bagaimana kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Mencari metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang umum dipakai di Indonesia.
- b. Membandingkan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek untuk mencari karakter yang sesuai dengan sifat proyek.
- c. Melakukan simulasi masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Diharapkan dapat memberikan masukan sebagai alat informasi penjadwalan proyek bagi para kontraktor, developer serta pihak-pihak yang terkait agar dapat memilih dan menerapkan metode perencanaan dan penjadwalan proyek sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi sehingga mampu meningkatkan pengendalian waktu dan biaya dalam pelaksanaan proyek.
- b. Bagi dunia pendidikan, diharapkan dapat menambah wawasan terutama di bidang manajemen konstruksi mengenai metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Perencanaan dan penjadwalan proyek yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah tentang perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi. Adapun proses analisa yang dilakukan yaitu dengan membandingkan metode *Bar Chart*, *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line of Balance* dan *Time Chainage Diagram* dari proyek gedung, jalan, dan bangunan air.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Penulisan tesis ini disusun dalam 6 bab, dengan rincian sebagai berikut :

a. Bab I : Pendahuluan

Mengemukakan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

b. Bab II : Kajian Pustaka

Berisi penjelasan tentang pengertian konsep penjadwalan proyek konstruksi, *Bar Chart*, metode *Network Diagram*, dan metode penjadwalan linier.

c. Bab III : Metode Penelitian

Berisi penjelasan tentang jenis penelitian, obyek penelitian, lokasi penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis data, dan metode komparasi.

d. Bab IV : Data Penelitian

Berisi penjelasan tentang data penelitian, dan tabulasi data metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang digunakan.



e. Bab V : Pembahasan

Berisi penjelasan tentang hasil analisa data dan diskusi/perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek.

f. Bab VI : Kesimpulan dan Saran

Berisi penjelasan tentang kesimpulan yang dapat diambil mengenai perbandingan metode perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi dari hasil penelitian ini, serta saran-saran yang dapat diberikan.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep Penjadwalan Proyek Konstruksi**

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu. Rangkaian kegiatan ini terdiri atas tahap studi kelayakan, tahap perencanaan dan perancangan, tahap pelelangan/tender, dan tahap pelaksanaan konstruksi. Dari hal ini dapat kita lihat bahwa perencanaan adalah salah satu bagian yang penting dalam proyek konstruksi. Perencanaan merupakan proses pemilihan informasi dan pembuatan asumsi-asumsi mengenai keadaan di masa yang akan datang untuk merumuskan kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tiga unsur utama yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan adalah waktu (*time*), biaya (*cost*), dan mutu (*quality*). Dengan perencanaan yang tepat maka seluruh kegiatan proyek dapat dimulai dan selesai dengan alokasi waktu yang cukup, biaya serendah mungkin dan mutu yang dapat diterima (Soeharto, 1999).

Dalam perencanaan proyek seorang pengambil keputusan dihadapkan pada pilihan dalam menetapkan sumber daya yang tepat. Salah satu bagian perencanaan adalah penjadwalan (*scheduling*), di mana penjadwalan ini merupakan gambaran dari suatu proses penyelesaian dan pengendalian proyek. Dalam penjadwalan ini akan tampak uraian pekerjaan, durasi atau waktu penyelesaian setiap pekerjaan, waktu mulai dan akhir setiap pekerjaan dan hubungan ketergantungan antara masing-masing kegiatan.

Pada umumnya penjadwalan proyek dikerjakan oleh konsultan perencana dan kemudian dikoordinasikan dengan kontraktor dan pemilik (*owner*) dengan ketentuan yang telah disepakati dalam kontrak. Dengan demikian, maka penjadwalan waktu setiap kegiatan proyek perlu diatur secara efisien dan seoptimal mungkin sehingga tidak akan terjadi keterlambatan penjadwalan waktu, maka kontraktor membuat pengelolaan penjadwalan proyek sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan dan kondisi di lapangan pada waktu pelaksanaan, serta mudah untuk dimonitoring pada setiap waktu. Untuk penjadwalan waktu, yang akan dibahas pada penelitian ini adalah elaborasi antara Metode *Bar Chart*, Metode *Network Diagram (CPM,PDM,PERT)*, serta Metode Penjadwalan Linear (*Line of Balance*, dan *Time Chainage Diagram*).

## **2.2. Bar Chart (Bagan Balok)**

*Bar Chart* (bagan balok) diperkenalkan pertama kali oleh *Henry L. Gantt* pada tahun 1917 semasa Perang Dunia I. Oleh karena itu, *Bar Chart* sering disebut juga dengan nama *Gantt Chart* sesuai dengan nama penemunya. Sebelum ditemukannya metode ini, belum ada prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek (Soeharto, 1999 : 236). *Gantt* menciptakan teknik ini untuk memeriksa perkiraan durasi tugas versus durasi aktual. Sehingga dengan melihat sekilas, pemimpin proyek dapat melihat kemajuan pelaksanaan proyek.

Sekarang ini, metode bagan balok masih digunakan secara luas dan merupakan metode yang umum digunakan sebagian besar penjadwalan dan pengendalian di industri konstruksi, terutama untuk menyusun jadwal induk suatu proyek, baik dari mulai kontraktor kecil sampai dengan kontraktor besar, dari sektor swasta sampai dengan BUMN. Menurut Soeharto (1999) metode ini dapat berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain yang lebih canggih.

### **2.2.1. Format Bar Chart**

Dalam *Bar Chart* (Bagan Balok), kegiatan digambarkan dengan balok horizontal. Panjang balok menyatakan lama kegiatan dalam skala waktu yang dipilih. Bagan balok terdiri atas sumbu *y* yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek dan digambarkan sebagai balok, sedangkan sumbu *x* menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya (Husen, 2008 : 135). Di sini, waktu mulai dan waktu akhir masing-masing pekerjaan adalah ujung kiri dan kanan dari balok-balok yang bersangkutan (Soeharto, 1999 : 235).

Pada bagan balok juga dapat ditentukan *milestone* atau tonggak kemajuan sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktifitas proyek secara keseluruhan. Sedangkan untuk proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal (Husen, 2008 : 135). Format bagan balok ini sangat informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi dengan berbagai pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi, serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana baik dengan manual maupun dengan menggunakan komputer.

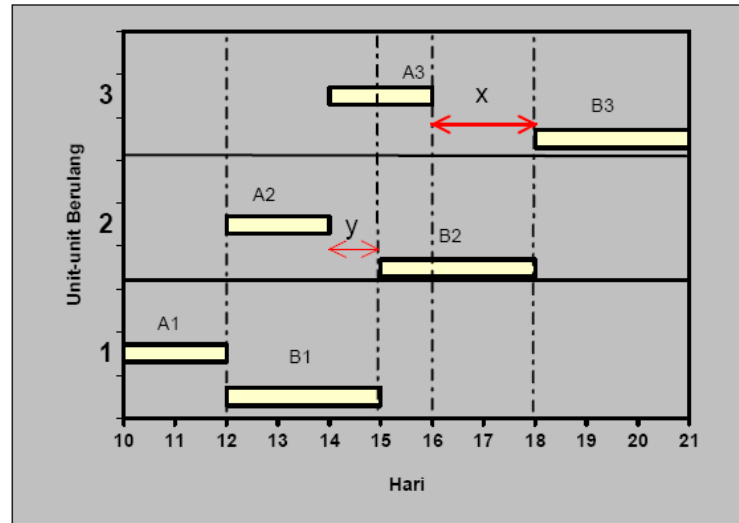
No.	Deskripsi	Nilai (Rp)	Durasi (minggu)	Bobot	Minggu									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pekerjaan persiapan	1,000,000	2	2.22%	1.111	1.111								
2	Pekerjaan galian tanah	500,000	2	1.11%		0.556	0.556							
3	Pekerjaan pondasi	1,500,000	3	3.33%			1.111	1.111	1.111					
4	Pekerjaan beton bertulang	10,000,000	2	22.22%				11.11	11.11					
5	Pekerjaan pasangan/plesteran	2,000,000	3	4.44%					1.481	1.481	1.481			
6	Pekerjaan pintu jendela	6,000,000	2	13.33%						6.667	6.667			
7	Pekerjaan atap	7,000,000	2	15.56%							7.778	7.778		
8	Pekerjaan langit-langit	2,000,000	2	4.44%								2.222	2.222	
9	Pekerjaan lantai	5,000,000	2	11.11%								5.556	5.556	
10	Pekerjaan finishing	10,000,000	2	22.22%									11.11	11.11
NILAI NOMINAL		45,000,000		100%										
PRESTASI PER MINGGU					1.111	1.667	1.667	12.22	13.7	8.148	15.93	15.56	18.89	11.11
PRESTASI KUMULATIF					1.111	2.778	4.444	16.67	30.37	38.52	54.44	70	88.89	100

Gambar 2.1. Bar Chart atau Gantt Chart  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 166)

### 2.2.2. Kritikan Terhadap Metode Bar Chart

Sebagai metode yang umum digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi, penyajian informasi dalam *Bar Chart* agak terbatas, misalnya *Bar Chart* tidak dapat secara spesifik menunjukkan urutan kegiatan dan hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain sehingga kegiatan-kegiatan yang menjadi prioritas atau lebih penting dari yang lain di dalam suatu proyek tidak dapat dilihat. Selain itu, lintasan kritis kegiatan proyek juga tidak dapat diketahui, maka apabila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sukar untuk dilakukan (Husen, 2008 : 135).

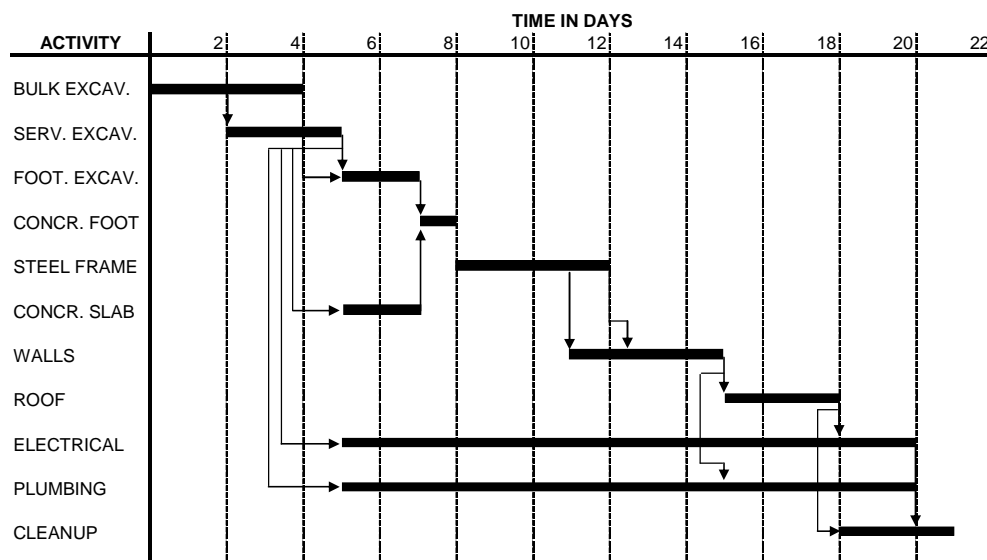
Masalah ini diperparah dengan meningkatnya ukuran dan kompleksitas proyek, sehingga Manajer Konstruksi yang menggunakan *Bar Chart* akan mengalami kesulitan dalam mengubah atau memperbarui data kegiatan tertentu yang dapat menyebabkan tambahan perubahan di dalam hubungan dengan kegiatan yang lain. Dengan demikian usaha untuk memperbarui data akan mengakibatkan frustrasi atau kegagalan (Srigungvarl, 1992 (dalam Arditi et al., 2002<sup>(1)</sup>)).



Gambar 2.2. *Bar Chart* untuk Tiga Unit Berulang  
(Sumber : Laksito, 2005)

Gambar 2.2 di atas menunjukkan *Bar Chart* untuk tiga unit berulang, di mana hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain tidak dapat ditunjukkan secara spesifik.

Kekurangan dari metode *Bar Chart* sebagian dapat diatasi dengan *Linked Gantt Chart*. Hasilnya kemudian adalah seperti jadwal jaringan yang dapat menunjukkan hubungan ketergantungan antar kegiatan sehingga dapat memecahkan masalah urutan kegiatan di dalam kompleksitas proyek (Harrison, 1985 (dalam Arditi *et al.*, 2002<sup>(2)</sup>)).



Gambar 2.3. *Linked Gantt Chart*  
(Sumber : Uher, 1996 : 25)

### 2.3. Metode *Network Diagram*

Metode *Network Diagram* atau metode jaringan kerja diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan *DuPont* dan *Rand Corporation* untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Metode ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain-*engineering*, konstruksi, dan pemeliharaan. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis (Husen, 2008 : 138).

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode *Bar Chart*, karena dapat memberikan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut. Jaringan kerja merupakan metode yang mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek, dan selanjutnya dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Soeharto, 1999 : 238).

Dalam penyusunan suatu jaringan kerja proyek, terdapat tiga unsur penting yang harus diketahui (Moder *et al.*, 1983) :

1. Inventarisasi kegiatan

Proses inventarisasi kegiatan ini adalah pemecahan suatu proyek menjadi beberapa komponen utama proyek. Komponen utama ini selanjutnya dipecah lagi menjadi beberapa komponen, sehingga pada akhirnya diperoleh paket-paket pekerjaan. Proses ini dikenal dengan nama *Work Breakdown Structure* (WBS).

2. Logika Ketergantungan

Pemecahan proyek menjadi paket-paket pekerjaan, harus memperhatikan urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Pekerjaan yang mana yang mendahului, pekerjaan mana yang mengikuti, dan pekerjaan mana yang dapat dilakukan bersamaan (tidak tergantung pada kegiatan yang lain).

3. Perkiraan Waktu

Perkiraan waktu ini merupakan jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan. Waktu ini berhubungan dengan biaya proyek. Pada umumnya bila waktu pelaksanaan bertambah panjang, maka biaya pelaksanaan akan bertambah besar. Hal ini disebabkan oleh biaya *overhead* yang bergantung pada waktu pelaksanaan. Beberapa faktor yang menentukan lamanya kegiatan (Setyawan, 2007), yaitu :

a) Volume Pekerjaan

Suatu pekerjaan yang volumenya besar membutuhkan waktu pekerjaan yang lebih lama. Apabila ingin mempercepat pelaksanaan, biasanya diadakan penambahan tenaga kerja, waktu dan peralatan atau bisa juga dengan merubah metode pelaksanaan.

b) Tenaga Kerja

Tenaga kerja sangat berpengaruh terhadap lamanya penyelesaian setiap kegiatan. Hal ini dikaitkan dengan produktifitas kerja para pekerja tersebut, yang dipengaruhi oleh :

- Kualitas pengawasan
- Kondisi alam di sekitar proyek
- Efisiensi rencana kerja
- Kualitas tenaga kerja
- Jumlah jam kerja per hari

c) Cuaca

Cuaca yang buruk dapat mempengaruhi kecepatan penyelesaian proyek, juga dapat menurunkan kualitas hasil kerja.

d) Lokasi Proyek

Berhubungan dengan kemudahan dan kesukaran dalam mendapatkan dan mentransformasikan sumber daya. Hal ini secara langsung mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek.

e) Prosedur Perkiraan Waktu

- Setiap pekerjaan dievaluasi secara terpisah untuk setiap kegiatan. Perkiraan jumlah material, tenaga kerja, dan peralatan yang dipakai dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman.
- Hitung durasi kegiatan dengan membagi volume kegiatan dengan produktifitas tenaga kerja dan peralatan. Biasanya durasi kegiatan dinyatakan dalam hari kerja.
- Tambahan faktor ketidakpastian waktu terhadap durasi yang diperoleh. Faktor ketidakpastian ini disebabkan oleh keterlambatan pelaksanaan.

Ada beberapa macam metode analisis jaringan kerja yang dapat digunakan dalam penjadwalan waktu proyek, antara lain (Soeharto, 1999 : 254) :

- a) *Critical Path Method* (CPM)
- b) *Precedence Diagramming Method* (PDM)
- c) *Project Evaluation and Review Technique* (PERT)

Adapun istilah-istilah yang digunakan dalam *Network Diagram* adalah sebagai berikut :

- a. *Earliest Start Time* (ES) adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memperhitungkan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan kegiatan.
- b. *Latest Start Time* (LS) adalah waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.
- c. *Earliest Finish Time* (EF) adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan.
- d. *Latest Finish Time* (LF) adalah waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- e. *Duration* (D) adalah kurun waktu kegiatan.

### **2.3.1. CPM (*Critical Path Method*)**

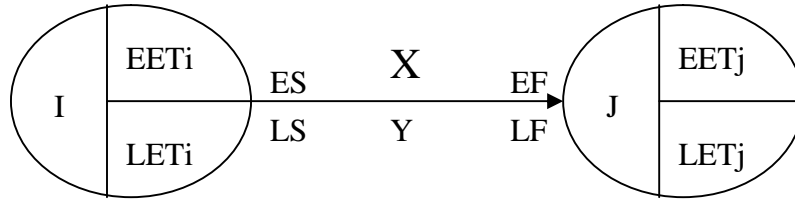
CPM dikembangkan pada tahun 1957 oleh J.E. Kelly dari *Remington Rand* dan M.R. Walker dari *DuPont* untuk membantu pembangunan dan pemeliharaan pabrik kimia di Dupont (Prasetya dan Lukiasuti, 2009 : 33). Solusi CPM yang diadopsi oleh Kelly pada dasarnya berasal dari "*Linear Programming*" dan menggunakan notasi "I-J" untuk menggambarkan hubungan antar kegiatan (Weaver, 2006). Sekarang ini penjadwalan dengan menggunakan CPM sudah jarang dijumpai, dan pada umumnya hanya ditemukan di paper-paper akademik yang mana perhitungannya dilakukan secara manual (Weaver, 2006).

#### **2.3.1.1. Teknik Perhitungan CPM**

*Activity on arrow* atau sering disebut dengan CPM (*Critical Path Method*) terdiri atas anak panah dan lingkaran/segiempat. Anak panah menggambarkan kegiatan/aktivitas, sedangkan lingkaran/segiempat menggambarkan kejadian (*event*). Kejadian (*event*) di awal anak panah disebut "I", sedangkan kejadian (*event*) di akhir anak panah disebut "J" (Ervianto, 2005 : 233).



Setiap *activity on arrow* merupakan satu kesatuan dari seluruh kegiatan sehingga kejadian (*event*) "J" kegiatan sebelumnya juga merupakan kejadian (*event*) "I" kegiatan berikutnya.



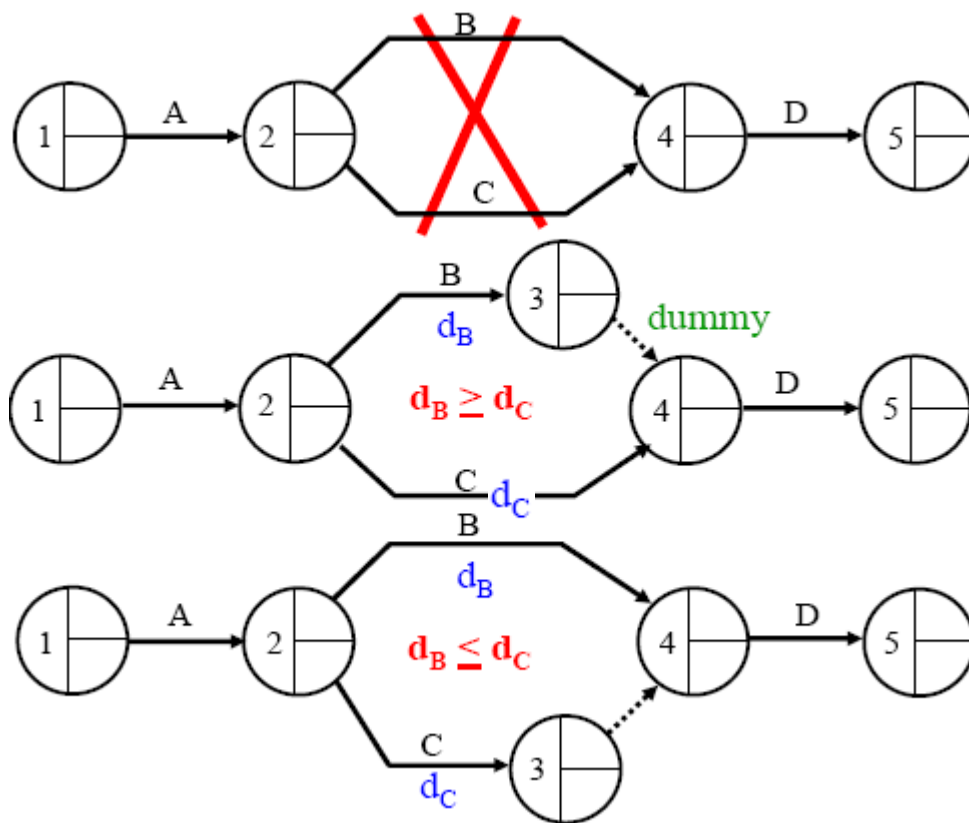
Gambar 2.4. Gambar AOA  
(Sumber : Husen, 2008 : 139)

Dimana:

- i,j = Nomor peristiwa
- X = Nama kegiatan
- EET = *Earliest Event Time* (Saat Paling Awal Kegiatan)
- LET = *Latest Event Time* (Saat Paling Lambat Kegiatan)
- Y = Durasi kegiatan
- ES = *Earliest Start Time* (Saat paling cepat untuk mulai kegiatan)
- EF = *Earliest Finish Time* (Saat paling cepat untuk akhir kegiatan)
- LS = *Latest Start Time* (Saat paling lambat untuk mulai kegiatan)
- LF = *Latest Finish Time* (Saat paling lambat untuk akhir kegiatan)

Metode ini mempunyai karakteristik sebagai berikut (Husen, 2008 : 139) :

- Diagram *network* dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node*-nya menggambarkan peristiwanya/*event*. *Node* pada permulaan anak panah ditentukan sebagai I-Node, sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node.
- Menggunakan perhitungan maju untuk memperoleh waktu mulai paling awal (EETi) pada I-Node dan waktu mulai paling awal (EETj) pada J-Node dari seluruh kegiatan dengan mengambil nilai maksimumnya. Di sini berlaku pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah = 0. Adapun perhitungannya adalah :  $EETj = EETi + \text{durasi } X$
- Menggunakan perhitungan mundur untuk memperoleh waktu selesai paling lambat (LETi) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat (LETj) pada J-Node dari seluruh kegiatan dengan mengambil nilai minimumnya. Adapun perhitungannya adalah :  $LETi = LETj - \text{durasi } X$
- Di antara dua peristiwa tidak boleh ada 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarinya digunakan kegiatan semu atau *dummy* yang tidak mempunyai durasi.



Gambar 2.5. Kegiatan Semu atau *Dummy*  
(Sumber : Lembaga Administrasi Negara, 2007)

- Menggunakan CPM (Critical Path Method) atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan deterministik hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float (TF) = 0.
- Float : batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya.

Ada tiga macam jenis *Float*, yaitu (Husen, 2008 : 140) :

a. TF (*Total Float*)

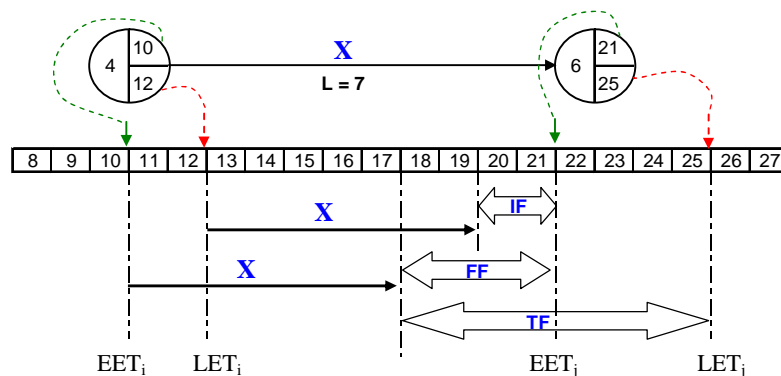
- ✓ Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.
- ✓ Berguna untuk menentukan lintasan kritis, di mana TF = 0.
- ✓  $TF_{ij} = LET_j - EET_i - \text{Durasi}_{ij}$

b. FF (*Free Float*)

- ✓ Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda penyelesaian suatu kegiatan bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awalnya.
- ✓ Berguna untuk alokasi sumberdaya dan waktu dengan memindahkan ke kegiatan lain.
- ✓  $FF_{ij} = EET_j - EET_i - \text{Durasi}_{ij}$

c. IF (*Independent Float*)

- ✓ Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda penyelesaian suatu kegiatan bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awalnya.
- ✓  $IF_{ij} = EET_j - LET_i - \text{Durasi}_{ij}$



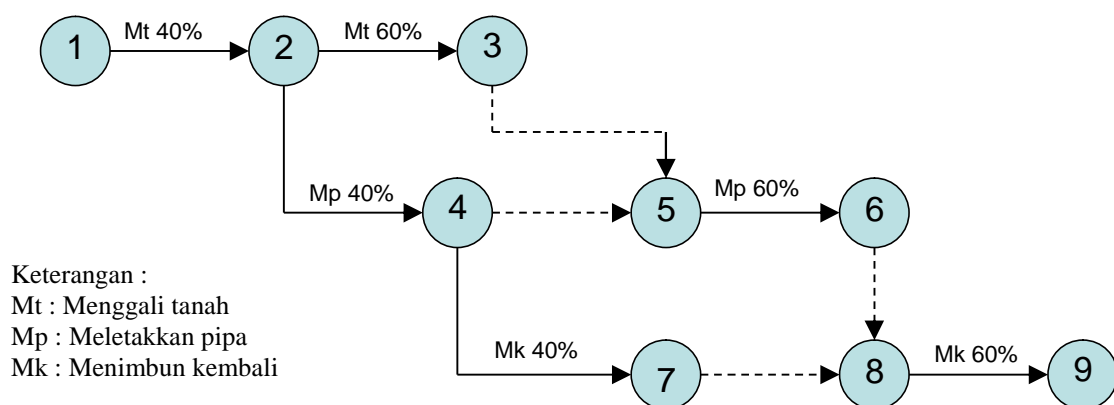
Gambar 2.6. Variasi *Float* dari Suatu Kegiatan  
(Sumber : Lembaga Administrasi Negara, 2007)

### 2.3.1.2. Kritikan Terhadap CPM

Metode network seperti CPM telah terbukti menjadi alat penjadwalan dan pengendalian proyek yang handal. Tetapi metode berbasis jaringan ini tidak cocok untuk proyek yang mempunyai sifat berulang, seperti yang telah ditulis secara luas dalam literatur (Reda, 1990; Suhail dan Neal, 1994; Hegazy dan Wassef, 2001; Arditi et al., 2002<sup>(1)</sup>), karena aktifitas berulang sering memiliki tingkat produktifitas yang berbeda. CPM juga tidak memberikan efisien struktur untuk representasi tugas berulang. Semua tugas diwakili sama, dan tidak ada pertimbangan lokasi pekerjaan dalam jadwal, serta memerlukan penggunaan *dummy aktifitas* sebagai suatu teknik yang tidak mudah dipahami oleh semua orang untuk melengkapi logika jaringan (Hegazy dan Kamarah, 2008).

Metode CPM tidak cocok untuk mewakili dan atau menyeimbangkan tingkat produksi aktifitas berulang. Dengan demikian, tingkat ketidakseimbangan produksi dapat secara negatif berdampak pada kinerja proyek yang dapat menyebabkan berhentinya pekerjaan, inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya, dan peningkatan biaya proyek (Lutz dan Halpin, 1992 (dalam Arditi et al., 2002<sup>(1)</sup>)). Karena tidak mengindikasikan tingkat produksi dalam jaringan CPM, maka situasi ini tidak akan pernah terantisipasi oleh penjadwal selama pengembangan suatu jaringan, dan juga tidak dapat dideteksi dalam analisis jaringan pada umumnya.

Kelemahan lain dari metode CPM menurut Laksito (2005) adalah hanya mengenal hubungan *finish to start* saja. Oleh karena itu, apabila diterapkan pada proyek multiunit penggunaannya menjadi tidak efektif karena mengandung terlalu banyak hubungan dan menciptakan kegiatan *dummy* yang sangat banyak.



Gambar 2.7. Penggunaan *Dummy* Pada CPM untuk Memecah Kegiatan Pada Kegiatan yang Berulang  
 (Sumber : Soeharto, 1999 : 279)

### 2.3.2. PDM (*Precedence Diagram Method*)

PDM dikembangkan pada tahun 1960-an oleh Angkatan Laut AS yang bekerjasama dengan Profesor Dr. John Fondahl dari *Stanford University* untuk mengembangkan metode perhitungan CPM yang juga akan memecahkan penggunaan "*Dummy*" dependensi. Dr. Fondahl membalik metode diagram AOA ke metode AON secara tradisional yang dikenal dengan *precedence method*. Pada mulanya hanya ada hubungan FS saja. Proposal Dr Fondahl diterbitkan sekitar tahun 1977 di *Western Construction* (Weaver, 2006). Segera setelah itu, IBM mengembangkan program komputer yang mengoperasikan perhitungan *precedence network*. Metode Fondahl ini kemudian menjadi pilihan untuk *critical path*

*method* (Uher, 1996 : 33). Meskipun pendekatan secara substansi berbeda antara CPM dan PDM, tetapi hasil perhitungannya sama (O'Brien dan Plotnit, 1999 : 11).

*Precedence diagram* sebenarnya adalah peninggalan/pengembangan dari *bar chart*. Kadang-kadang bahkan skala waktu kegiatan dan kalender ditempatkan di bagian atas, hal ini tentu saja adalah jadwal bukan logika diagram yang bukan skala waktu atau memiliki garis kalender. Pada periode tahun 1980-2000 kemampuan komputer diperluas sehingga banyak atribut tambahan yang ditambahkan ke jaringan PDM dasar analisis program, seperti beberapa jenis hubungan, *lag* dan *lead time values* pada dependensi, beberapa kalender, dan beberapa sumber daya pada kegiatan. Penggunaan fungsi-fungsi ini benar-benar membutuhkan pelatihan tingkat tinggi dan pengalaman dalam penjadwalan konstruksi (Glenwright, 2004).

Menurut Ervianto (2005) kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

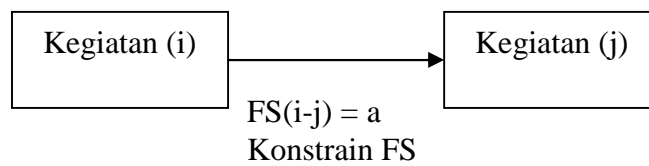
#### **2.3.2.1. Hubungan Logika Ketergantungan PDM**

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain (Soeharto, 1999 : 281-282), yaitu:

##### **1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS)**

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j) = a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. Proyek selalu menginginkan besar angka a sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya :

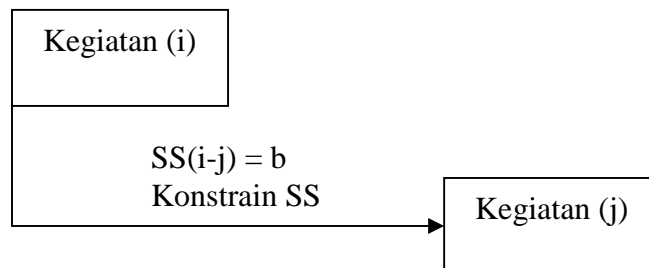
- 1) Akibat iklim yang tak dapat dicegah.
- 2) Proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen.
- 3) Mengurus perizinan.



Gambar 2.8. Konstrain *Finish to Start*  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

## 2. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS)

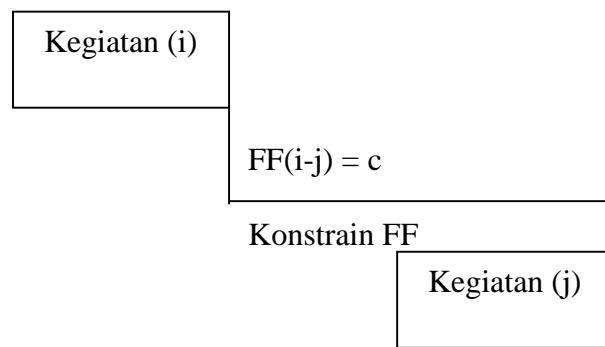
Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau SS (i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena per definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih, misalnya : pelaksanaan kegiatan pasangan pondasi batu kali dapat segera dimulai setelah pekerjaan galian pondasi cukup, misalnya setelah satu hari.



Gambar 2.9. Konstrain *Start to Start*  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

## 3. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF).

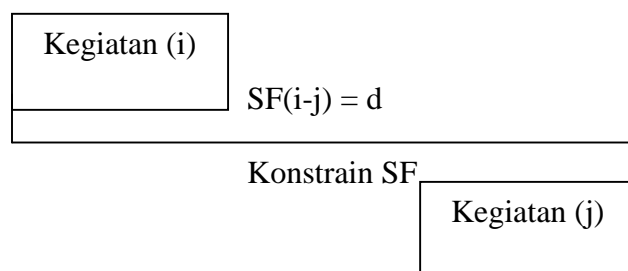
Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau FF (i-j) = c yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (=c) hari selesai. Angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j), misalnya : pekerjaan perataan tanah tidak dapat dilakukan sebelum pekerjaan pengangkutan tanah selesai.



Gambar 2.10. Konstrain *Finish to Finish*  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

#### 4. Konstrain mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan  $SF(i-j) = d$ , yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan, misalnya : pekerjaan instalasi lift harus sudah selesai setelah beberapa hari dimulainya pekerjaan sistem elektrikal



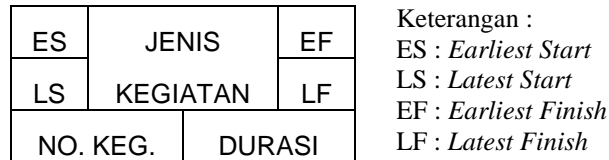
Gambar 2.11. Konstrain *Start to Finish*  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

Jadi dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat adanya bermacam konstrain tersebut, maka lebih banyak faktor yang harus diperhatikan dibanding CPM. Faktor ini dapat dikaji misalkan dengan menjawab berbagai pertanyaan berikut:

1. Kegiatan mana yang boleh dimulai sesudah kegiatan tertentu a selesai, berapa lama jarak waktu antara selesainya kegiatan a dengan dimulainya kegiatan berikutnya.
2. Kegiatan mana yang harus diselesaikan sebelum kegiatan tertentu boleh dimulai dan berapa lama tenggang waktunya.
3. Kegiatan mana yang harus dimulai sesudah kegiatan tertentu c dimulai dan berapa lama jarak waktunya.

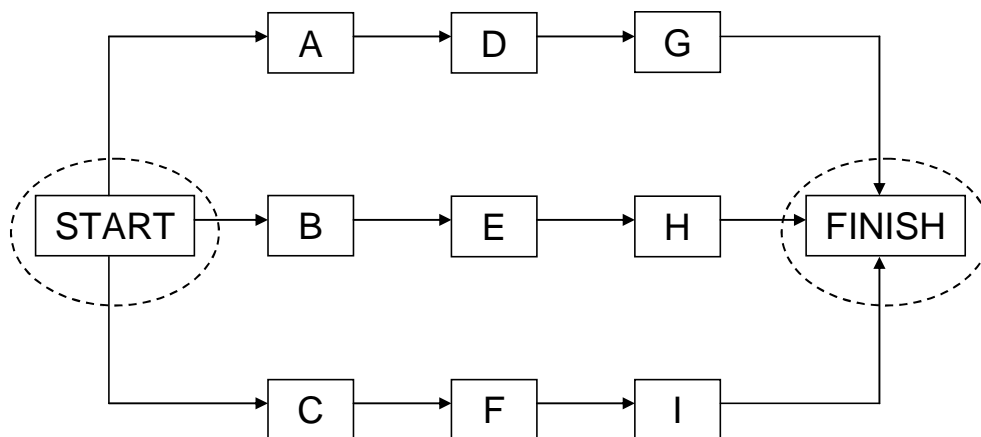
### 2.3.2.2. Teknik Perhitungan PDM

Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON). Di sini kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto, 1999 : 279).



Gambar 2.12. Lambang Kegiatan PDM  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 249)

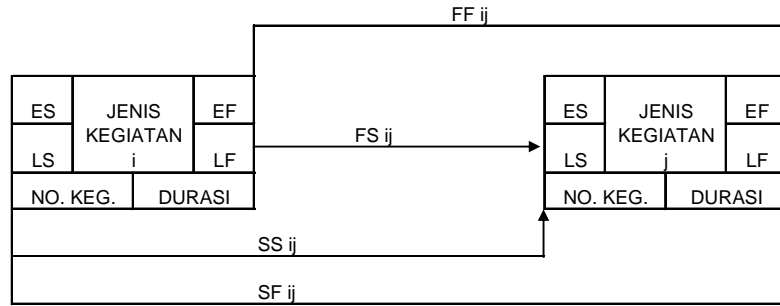
Jika kegiatan awal terdiri dari sejumlah kegiatan dan diakhiri oleh sejumlah kegiatan pula maka dapat ditambahkan kegiatan awal dan kegiatan akhir yang keduanya merupakan kegiatan fiktif/*dummy*.



Gambar 2.13. *Dummy Start dan Finish* Pada PDM  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 250)

Adapun untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan lintasan kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (*Forward Analysis*) dan perhitungan mundur (*Backward Analysis*) sebagai berikut (Ervianto, 2005 : 250):





Gambar 2.14. Hubungan Kegiatan i dan j  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 251)

- Perhitungan maju dilakukan untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), jika lebih dari satu anak panah yang masuk dalam kegiatan maka diambil yang terbesar. Kegiatan I adalah kegiatan *predecessor*, sedangkan kegiatan J adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya  $ES_j$  dan  $EF_j$  adalah sebagai berikut :

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau } ES_j + D_j$$

Jika tidak ada  $FS_{ij}$  atau  $SS_{ij}$  dan kegiatan *non-splitable* maka  $ES_j = EF_j - D_j$ .

- Perhitungan mundur dilakukan untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), jika lebih dari satu anak panah yang keluar dari kegiatan maka diambil yang terkecil. Kegiatan J adalah kegiatan *successor*, sedangkan kegiatan I adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya  $LS_i$  dan  $LF_i$  adalah sebagai berikut :

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau } LF_i - D_i$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

Jika tidak ada  $FF_{ij}$  atau  $FS_{ij}$  dan kegiatan *non-splitable* maka  $LF_i = LS_i + D_i$ .

- Adapun lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF \text{ atau } LF - ES = \text{Durasi kegiatan}$$

- *Float* : sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat dengan sengaja atau tidak, tanpa menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Ada dua jenis float, yaitu :

- ✓ *Total float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

$$\text{Total Float (TF)}_i = \text{Minimum (LS}_j - \text{EF}_i)$$

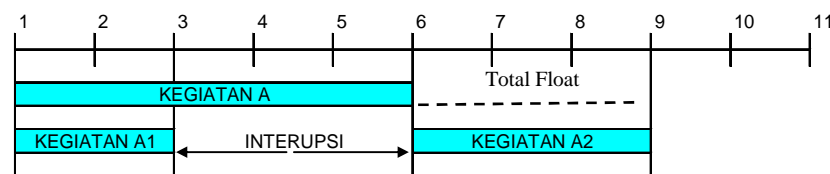
- ✓ *Free float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum (ES}_j - \text{EF}_i)$$

- *Lag*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan J terhadap kegiatan I yang telah dimulai, terjadi pada hubungan SS dan SF.
- *Lead*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu yang mendahului dari suatu periode kegiatan J sesudah kegiatan I sebelum selesai, terjadi pada hubungan FS dan FF.

### 2.3.2.3. Kegiatan *Splitable*

Kegiatan *splitable* adalah suatu kegiatan yang mempunyai *total float* sehingga dapat dihentikan sementara dan kemudian dilanjutkan kembali beberapa saat kemudian (Ervianto, 2005 : 252).



Gambar 2.15. Kegiatan *Splitable*  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 252)

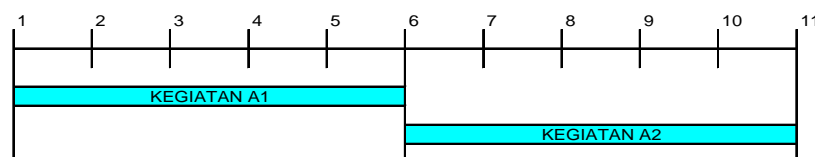
Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *splitable* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan *Splitable*  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 253)

KEGIATAN SPLITABLE	
Hitungan Maju ( <i>Forward Analysis</i> )	Hitungan Mundur ( <i>Backward Analysis</i> )
$\text{ES}_j = \text{EF}_j - D_j - \text{Interupsi}$	$\text{LS}_i = \text{LFI} - D_i - \text{Interupsi}$
$\text{EF}_j = \text{ES}_j + D_j + \text{Interupsi}$	$\text{LFI} = \text{LS}_i + D_i + \text{Interupsi}$
$\text{EF}_j - \text{ES}_j = D_j + \text{Interupsi}$	$\text{LFI} - \text{LS}_i = D_i + \text{Interupsi}$

### 2.3.2.4. Kegiatan *Non-Splitable*

Kegiatan *non-splitable* adalah suatu kegiatan yang tidak mempunyai *total float* sehingga tidak diijinkan untuk berhenti di tengah pelaksanaannya (Ervianto, 2005 : 253).



Gambar 2.16. Kegiatan *Non-Splitable*  
(Sumber : Ervianto, 2005 : 253)

Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *non-splitable* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan *Non-Splitable*  
(Sumber : *Ervianto, 2005 : 253*)

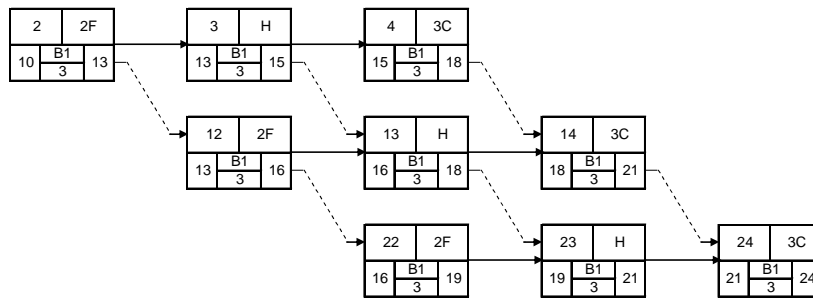
KEGIATAN NON-SPLITABLE	
Hitungan Maju ( <i>Forward Analysis</i> )	Hitungan Mundur ( <i>Backward Analysis</i> )
$ES_j = EF_j - D_j$	$LS_i = LFi - D_i$
$EF_j = ES_j + D_j$	$LF_i = LSi + D_i$
$EF_j - ES_j = D_j$	$LF_i - LSi = D_i$

### 2.3.2.5. Kritikan Terhadap PDM

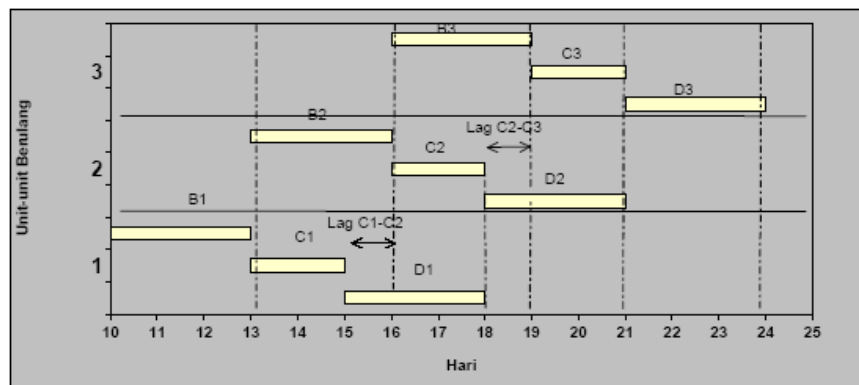
Menurut Glenwright (2004) PDM adalah merupakan bagian penjadwalan konstruksi yang tidak *valid* dan menyesatkan. Hal ini disebabkan beberapa alasan sebagai berikut :

- Penyalahgunaan Metode *Precedence Diagram* dengan menggunakan hubungan ketergantungan SS (*start to start*) dan FF (*finish to finish*) yang berlebihan, nilai-nilai *lag* and *lead*, dan tanggal kendala.
- Tidak cukup waktu untuk merencanakan jadwal dan pengembangan bagi staf kontraktor untuk menyiapkan jadwal perencanaan dengan baik yang dibutuhkan sebelum pelaksanaan.
- Kompromi dari ketentuan kontrak oleh pemilik dan kontraktor.
- Penjadwalan sumber daya pembangunan yang tidak layak.

Meskipun tampilan PDM lebih sederhana apabila diterapkan pada proyek multiunit jika dibandingkan dengan CPM, namun menurut Uher (1996) PDM tidak dapat mempertahankan kelangsungan sumber daya sehingga untuk kegiatan yang berulang akan banyak dijumpai waktu mengganggu atau *delay* seiring meningkatnya jumlah kegiatan dalam *network*. Hal itu dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.17. Diagram Jaringan Kerja PDM Untuk Tiga Unit Berulang  
(Sumber : Laksito, 2005)



Gambar 2.18. Bagan Balok Transfer dari Jaringan Kerja PDM  
(Sumber : Laksito, 2005)

### 2.3.3. PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

PERT dikembangkan sejak tahun 1958 oleh Booz, Allen, dan Hamilton untuk Angkatan Laut AS dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System* yang dapat diluncurkan dari kapal selam di bawah permukaan air (Prasetya dan Lukiasuti, 2009 : 33). Proyek tersebut melibatkan beberapa ribu kontraktor dan rekanan di mana pemilik proyek berkeinginan mengetahui peristiwa-peristiwa apakah yang memiliki arti penting dalam penyelenggaraan proyek serta sejauh mana penyimpangannya (Soeharto, 1999 : 268). Pada pelaksanaannya teknik ini mampu mereduksi waktu selama dua tahun dalam pengembangan senjata tersebut (Setianto, 2004 : 6).

Berbeda dengan CPM dan PDM yang menggunakan perkiraan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik (satu angka yang mencerminkan adanya kepastian), PERT menggunakan pendekatan probabilistik yang dirancang untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainly*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1999 : 267). PERT pada mulanya dikembangkan untuk membantu perencanaan proyek-proyek riset dan pengembangan (Mawdesley et al., 1997 : 181), yang biasanya ditemukan pada perencanaan program-program strategis utama

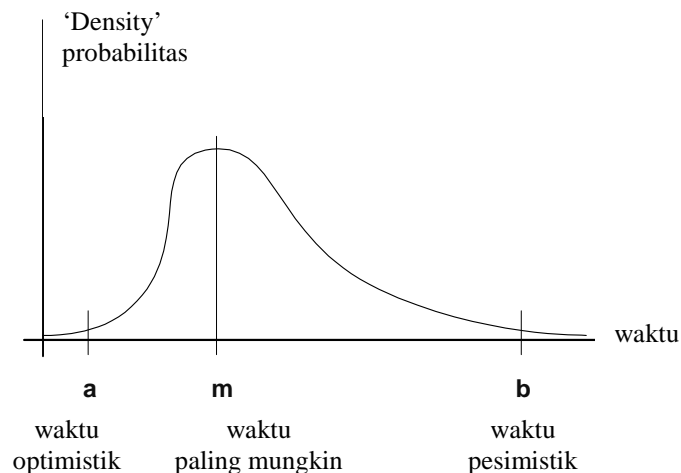
pemerintah (Kenley dan Seppanen, 2009). PERT aslinya berasal dari *activity on arrow* (AOA) network atau lebih dikenal dengan nama CPM. Namun, sekarang ini beberapa orang mulai menggunakan PERT sebagai *activity on node* (AON) network atau yang lebih dikenal dengan nama PDM (Mawdesley et al., 1997 : 181).

### 2.3.3.1. Teknik Perhitungan PERT

PERT adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap kegiatan (Prasetya dan Lukiastuti, 2009 : 33). Tiga angka estimasi tersebut tersebut, yaitu, a, b, dan m yang mempunyai arti sebagai berikut (Soeharto, 1999 : 268) :

- a = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*), yaitu durasi tercepat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan bila segala sesuatunya berjalan dengan baik.
- m = kurun waktu yang paling mungkin (*most likely time*), yaitu durasi yang paling sering terjadi bila suatu kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
- b = kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*), yaitu durasi yang paling lama dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan bila segala sesuatunya berjalan dalam kondisi buruk.

Metode PERT mendefinisikan bahwa durasi terdistribusi menurut *fungsi Beta* (Stevens, 1990).



Gambar 2.19. Kurva Distribusi Beta  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 270)

Adapun untuk mendapatkan nilai *mean* durasi kegiatan yang diharapkan **te** (*expected duration*) dan standar deviasi kegiatan **s** dari setiap kegiatan adalah sebagai berikut (Uher, 1996 : 153) :

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \dots\dots\dots(1)$$

$$s = \frac{b - a}{6} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana : **te** adalah *mean* durasi kegiatan yang diharapkan

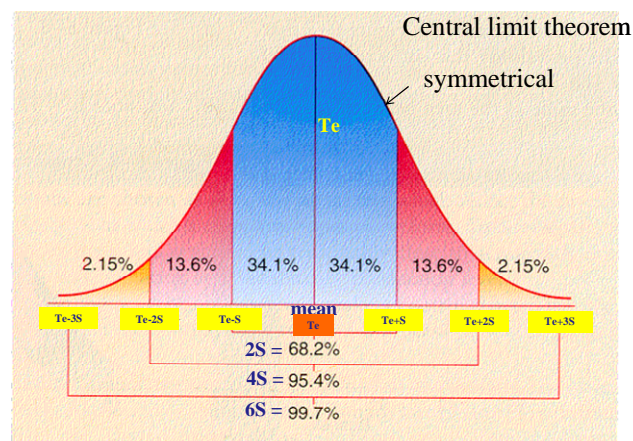
**a** adalah waktu optimistik

**m** adalah waktu paling mungkin

**b** adalah waktu pesimistik

**s** adalah standar deviasi kegiatan

Kemudian durasi proyek yang diharapkan **Te** (Uher, 1996 : 153) adalah jumlah durasi dari kegiatan kritis dengan asumsi bahwa semua kegiatan adalah independen. Hal itu berarti nilai *mean* dari durasi proyek yang diharapkan terdistribusi normal sesuai dengan *Central Limit Theorem* (Bhattacharya dan Johnson, 1977) yang menyatakan bahwa dalam suatu populasi, fungsi distribusi apapun dapat diasumsikan sebagai fungsi distribusi normal jika jumlah sample cukup banyak. Adapun standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan **S** adalah akar jumlah kuadrat dari standar deviasi pada kegiatan kritis.



Gambar 2.20. Kurva Distribusi Normal  
(Sumber : Soeharto, 1999 : 274)

$$Te = \sum (te) \text{ untuk kegiatan kritis } \dots\dots\dots(3)$$

$$S = \sqrt{\sum s^2} \text{ untuk kegiatan kritis } \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan nilai probabilitas Z, adalah sebagai berikut :

$$Z = \frac{Ts - Te}{S} \dots\dots\dots(5)$$

Di mana : Te adalah waktu penyelesaian proyek yang diharapkan

te adalah *mean* durasi kegiatan yang diharapkan

S adalah standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan

s adalah standar deviasi kegiatan

Ts adalah target waktu penyelesaian proyek

Z adalah nilai probabilitas

Kemudian nilai Z tersebut dikonversikan ke dalam tabel distribusi normal (lihat pada lampiran A).

Di dalam metode PERT *float* dikenal dengan nama *slack*, ada dua bentuk *slack* yang terdapat pada metode ini, yaitu :

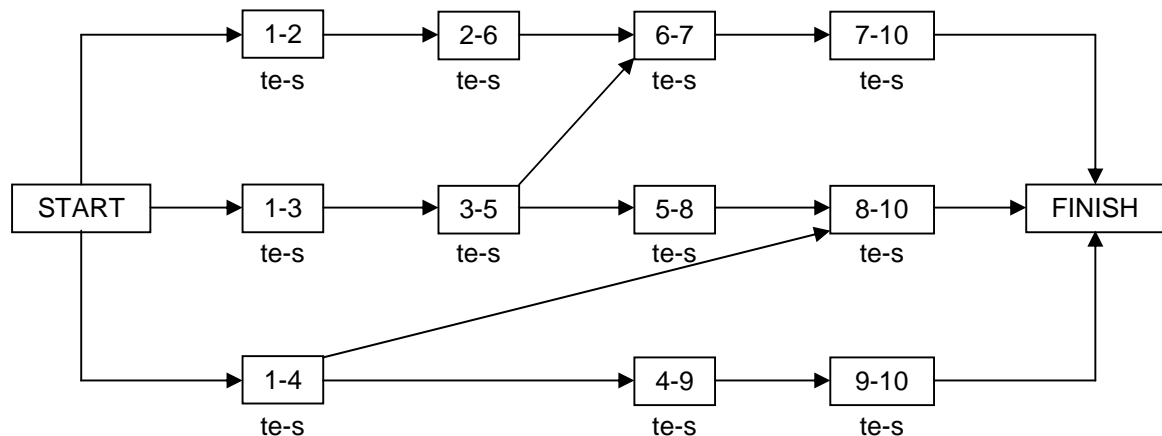
$$Activity Slack (AS) = LSD_j - EFD_i, \text{ dan}$$

$$Event Slack (ES) = Ts - Te$$

Di mana : LSD<sub>j</sub> adalah *Latest Start Duration-j*

EFD<sub>i</sub> adalah *Earliest Finish Duration-i*

Sedangkan bentuk diagram PERT yang menunjukkan hubungan antar kegiatan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.21. Diagram PERT *Precedence Network* dengan Waktu yang Diharapkan (te) dan Standar Deviasi (s)  
(Sumber : Uher, 1996 : 159)

### **2.3.3.2. Kritikan Terhadap PERT**

Menurut Soeharto (1999) secara garis besar ketepatan hasil analisis dari metode PERT untuk menentukan peristiwa penyelesaian proyek maupun konsep deviasi standar untuk melihat seberapa jauh kemungkinan mencapai target, semuanya tergantung pada ketepatan dalam memilih angka-angka tiga estimasi, yaitu durasi optimistik, durasi yang paling mungkin, dan durasi pesimistik. Oleh karena itu, sering kali ditemukan estimator yang menggunakan angka-angka yang jauh dari realistik karena kurangnya pengalaman dalam bidangnya sehingga hasil perhitungan akhir akan jauh berbeda antara estimator yang bersifat optimis dan konservatif.

## **2.4. Metode Penjadwalan Linear**

Metode penjadwalan linier memberi alternatif cara penjadwalan proyek berulang yang pada umumnya menggunakan metode jaringan. Proyek berulang cukup umum ditemui dalam industri konstruksi. Mereka dibagi menjadi dua kategori (Hegazy dan Wassef, 2001) : proyek yang berulang karena pengulangan seragam dari unit kerja selama proyek berlangsung (seperti beberapa unit rumah yang serupa, segmen-segmen lantai pada bangunan bertingkat) dan proyek yang harus berulang-ulang karena geometris layout (seperti ruas-ruas jalan raya dan proyek pipa). Proyek tersebut biasanya disebut sebagai proyek berulang atau linier (Ammar dan Elbeltagi, 2001). Proyek ini dijadwalkan dengan cara untuk meminimalkan waktu tunggu kru dan memastikan kesinambungan sumber daya (Birrell, 1980; Reda, 1990).

Metode penjadwalan linear adalah metode yang efektif untuk proyek yang memiliki karakteristik kegiatan berulang, baik yang bersifat horizontal maupun vertikal. Ada dua jenis umum dalam metode penjadwalan linear, yaitu (Mawdesley et al., 1997) : LoB (*Line of Balance*) dan *Time Chainage Diagram*.

### **2.4.1. Line of Balance (LoB)**

*Line of Balance* (LoB) pada mulanya berasal dari industri manufaktur dan kemudian pada tahun 1942 dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitif, di mana alat penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistik daripada alat penjadwalan yang berorientasi



dominasi kegiatan. Metode ini kemudian diadaptasi untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Lumsden, 1968), di mana produktifitas sumber daya dipertimbangkan sebagai bagian yang penting.

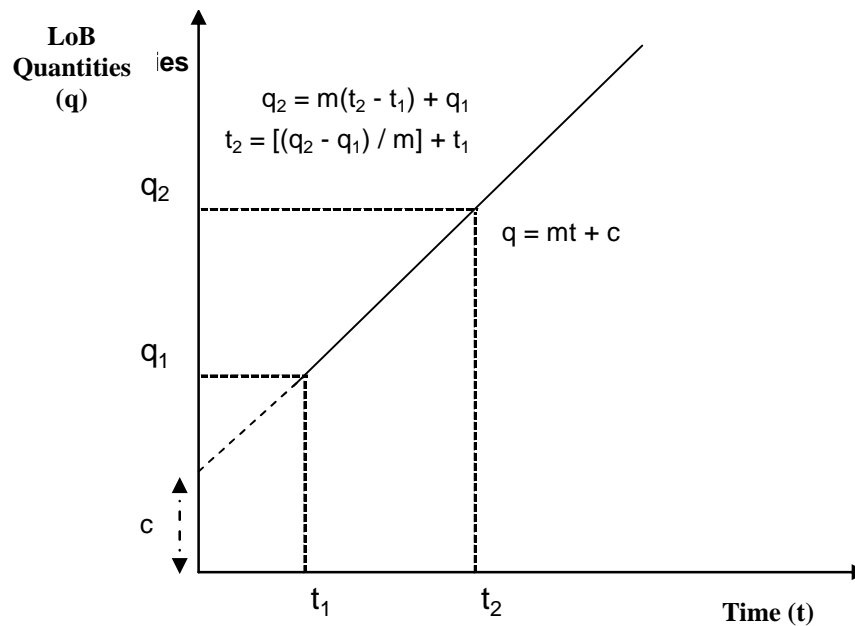
LoB adalah metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Keuntungan utama dari metodologi LoB adalah menyediakan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah. Selain itu, plot LoB juga dapat menunjukkan dengan sekilas apa yang salah pada kemajuan kegiatan, dan dapat mendeteksi potensial gangguan yang akan datang. Dengan demikian, LoB mempunyai pemahaman yang lebih baik untuk proyek-proyek yang tersusun dari kegiatan berulang daripada teknik penjadwalan yang lain, karena LoB memberikan kemungkinan untuk mengatur tingkat produktifitas kegiatan, mempunyai kehalusan dan efisiensi dalam aliran sumber daya, dan membutuhkan sedikit waktu dan upaya untuk memproduksinya daripada penjadwalan network (Arditi dan Albulak, 1986).

Metode ini cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan bertingkat dengan keragaman masing-masing tingkat bangunan relatif sama. Pada proyek yang cukup besar, metode ini membantu memonitor kemajuan beberapa kegiatan tertentu yang berada dalam suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Hal ini dapat dilakukan bila dikombinasikan dengan metode *Network*, karena metode penjadwalan linear dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh metode *Network* (Husen, 2008 : 137).

Di dalam berbagai literatur Internasional biasanya LoB ditunjukkan sebagai alat penjadwalan yang hanya cocok untuk proyek-proyek yang tersusun atas kegiatan berulang, dan tidak cocok untuk proyek *non-repetitive* (Arditi et al., 2002<sup>(1)</sup>). Namun di Finlandia, LoB telah menjadi alat penjadwalan yang pokok pada perusahaan besar konstruksi sejak tahun 1980 an, di mana LoB digunakan untuk penjadwalan proyek-proyek yang spesial dan proyek konstruksi *residential* (Kiiras, 1989; Kankainen dan Sandvik, 1993) dengan menggunakan bantuan *software* DYNAProject. Keuntungan yang didapat dengan bantuan *software* ini antara lain, yaitu : meminimalkan resiko penjadwalan, menjadi cara analisis alternatif yang lebih baik, mempercepat durasi proyek, cepat dalam memeriksa kelayakan jadwal, menjadi standar pelaporan kemajuan waktu riil untuk manajemen dan memungkinkan optimasi kontrol kegiatan.

### 2.4.1.1. Teknik Perhitungan LoB

Format dasar dari LoB adalah *Time* diplotkan pada sumbu horizontal dan *unit number* pada sumbu vertikal (Mawdesley et al., 1997 : 23). Konsep LoB didasarkan pada pengetahuan tentang bagaimana unit yang banyak harus diselesaikan pada beberapa hari agar program pengiriman unit dapat dicapai (Lumsden, 1968). Karena kecepatan pengiriman  $m$  diasumsikan konstan, maka hubungan antara LoB kuantitas  $q$  dan waktu  $t$  adalah linier. Hal ini ditunjukkan dalam Gambar 2.22 sebagai garis miring.



Gambar 2.22. Hubungan antara LoB Kuantitas  $q$  dan Waktu  $t$   
(Sumber : Arditi et al., 2002<sup>(2)</sup>)

Terlihat dari gambar 2.22 di atas hubungan antara LoB kuantitas  $q$  dan waktu  $t$  adalah linier dengan rumus sebagai berikut:

$$q = mt + c$$

Di mana :  $q$  adalah kuantitas unit pada LoB;      $m$  adalah kecepatan pengiriman  
 $t$  adalah waktu;      $c$  adalah konstanta

Karena nilai  $c$  berimpitan dengan sumbu  $q$ , maka diperoleh rumus:

$$q_2 = m(t_2 - t_1) + q_1, \text{ atau}$$

$$t_2 = [(q_2 - q_1) / m] + t_1$$

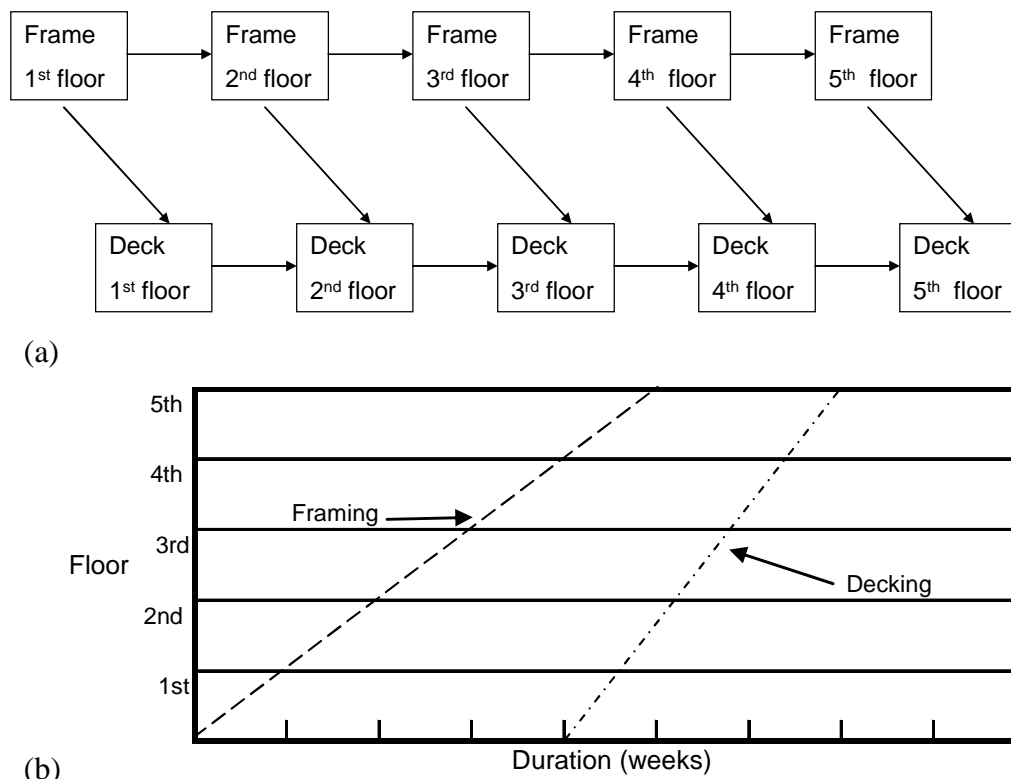
Di mana :  $q_1$  adalah kuantitas unit ke-1 pada LoB;      $t_1$  adalah waktu untuk unit ke-1

$q_2$  adalah kuantitas unit ke-2 pada LoB;      $t_2$  adalah waktu untuk unit ke-2

*Line of balance* didefinisikan atas dasar sebagai berikut (Mawdesley, 1997) :

- Berdasarkan pada tingkat pengiriman atau *handover rate*
- Logika konstruksi dasar dari unit yang berulang digambarkan dalam bentuk sebuah *Network* yang disebut dengan “*Production Diagram*”.
- Konstanta dari pada tingkat produksi biasanya menggunakan satuan jumlah unit/*unit time*.

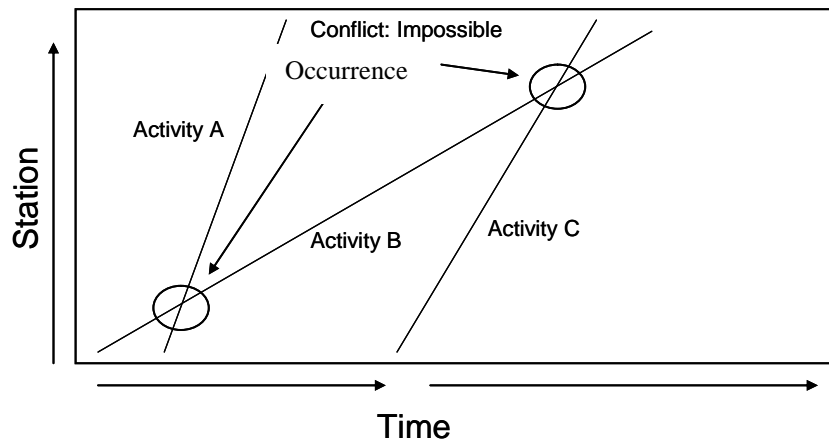
Apabila dibandingkan dengan metode *network* (misalnya *precedence diagram*) LoB terlihat lebih sederhana untuk penjadwalan proyek berulang, seperti bangunan bertingkat (lihat pada Gambar 2.23).



Gambar 2.23. Contoh Format LoB Yang Menunjukkan Informasi Yang Dimuat dalam PDM

(Sumber : Hinze, 2008 : 298)

Garis aktifitas pada metode *Line of Balance* tidak boleh saling berpotongan (*no cross*) atau dengan kata lain rangkaian aktivitasnya tidak boleh saling mengganggu atau saling mendahului. Artinya progress atau kemajuan pekerjaan dari aktifitas yang mengikuti (*successor*) tidak boleh mendahului aktifitas yang mendahuluinya (*predecessor*). Bila ini sampai terjadi, maka akan terjadi konflik kegiatan atau dapat mengganggu semua jalannya proyek tersebut (Hinze, 2008 : 302).

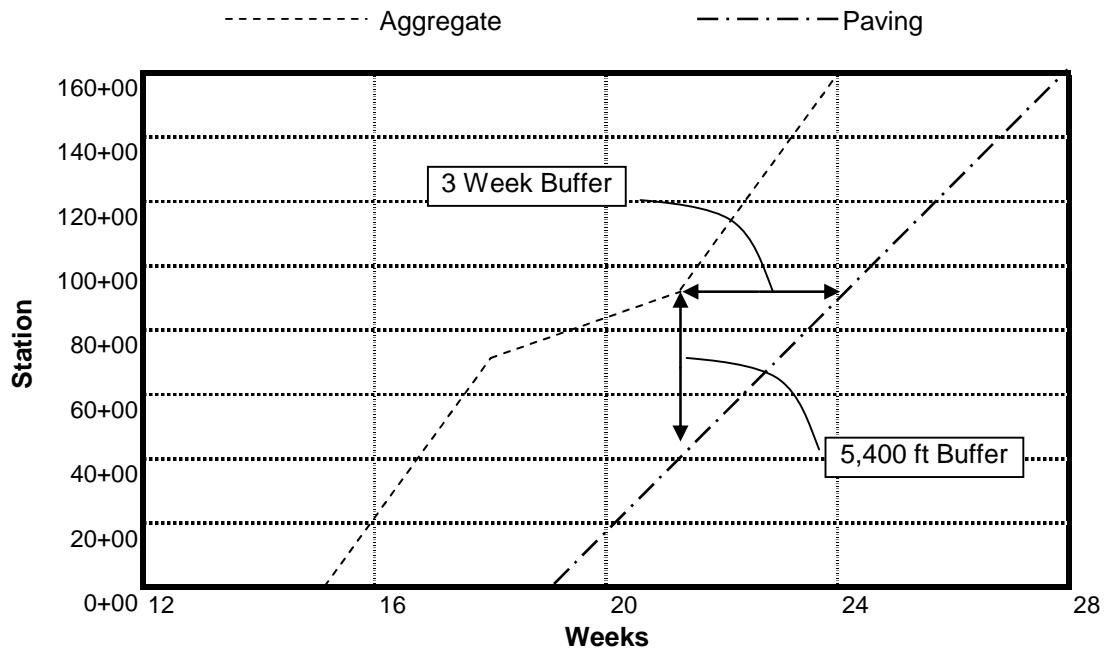


Gambar 2.24. Penjadwalan LoB Yang Menunjukkan Adanya Konflik Yang Harus Dihindari (Sumber : Hinze, 2008 : 302)

#### 2.4.1.2. Buffer

*Buffer* adalah penyerapan yang memungkinkan untuk mengatasi gangguan antara tugas-tugas atau lokasi yang berdekatan, *buffer* merupakan komponen dari hubungan logika antara dua tugas tapi yang dapat menyerap penundaan. Buffer tampak sangat mirip dengan kelambanan (*float*), yang digunakan untuk melindungi jadwal dan dimaksudkan untuk menyerap variasi kecil dalam produksi (Kenley dan Seppanen, 2009). Ada dua jenis buffer di dalam LoB, yaitu *time buffer* dan *distance/space buffer* (Hinze, 2008 : 306). Buffer ini biasanya disebabkan oleh (Setianto, 2004 : 18) :

- Kecepatan produksi yang berbeda di mana kegiatan yang mendahului mempunyai kecepatan produksi yang lebih lambat dari kegiatan yang mengikuti.
- Perbaikan dan keterbatasan peralatan
- Keterbatasan material
- Variasi jumlah kelompok pekerja di mana kegiatan yang mendahului menggunakan kelompok pekerja yang lebih banyak daripada kegiatan yang mengikuti.



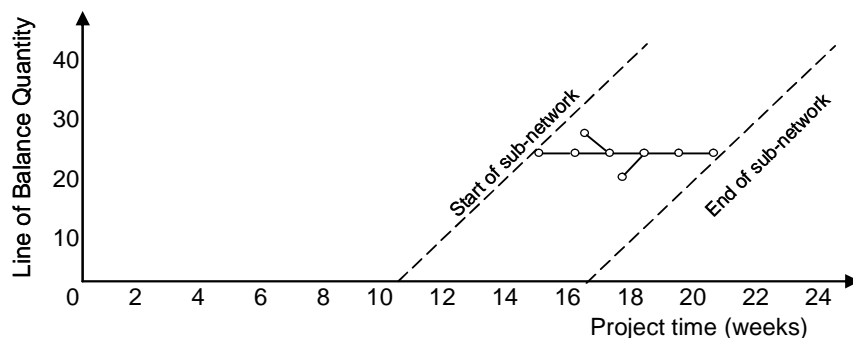
Gambar 2.25. *Time dan Space Buffer*  
(Sumber : Hinze, 2008 : 306)

#### 2.4.1.3. Metodologi Berbasis Lokasi

Ada dua sub-divisi utama dari metode berbasis lokasi, tergantung pada apakah fokusnya adalah pada berkelanjutan penyelesaian unit repetitif (seperti yang ditemukan dalam produksi pabrik berulang, atau proyek linier) atau fokus pada lokasi fisik penyelesaian variabel (lebih khas pada komersial konstruksi) (Kenley and Seppänen, 2009).

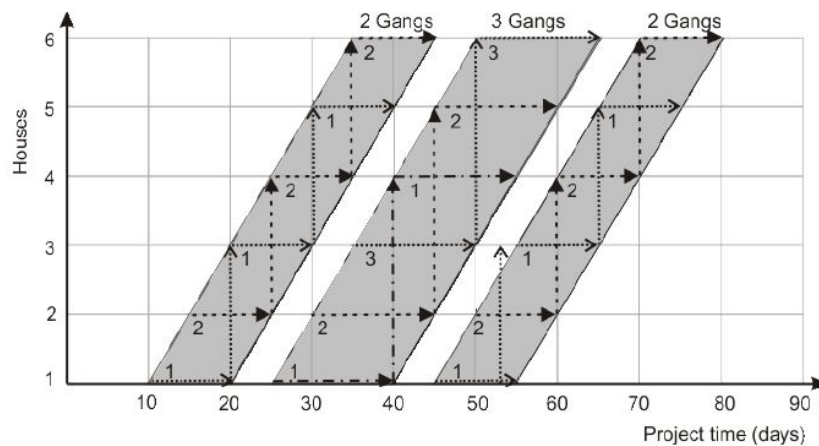
##### a. Unit Produksi

Dengan unit produksi, penekanannya pada perhitungan unit produksi per periode waktu. Metode ini menggunakan garis miring pada dimulainya (suatu kegiatan berulang atau sub-jaringan) dan garis selesai (dari kegiatan yang sama atau sub-jaringan) pada grafik produksi terhadap waktu, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.26. *Line of Balance* Yang Menunjukkan Garis Permulaan dan Penyelesaian  
(Sumber : Kenley dan Seppänen, 2009)

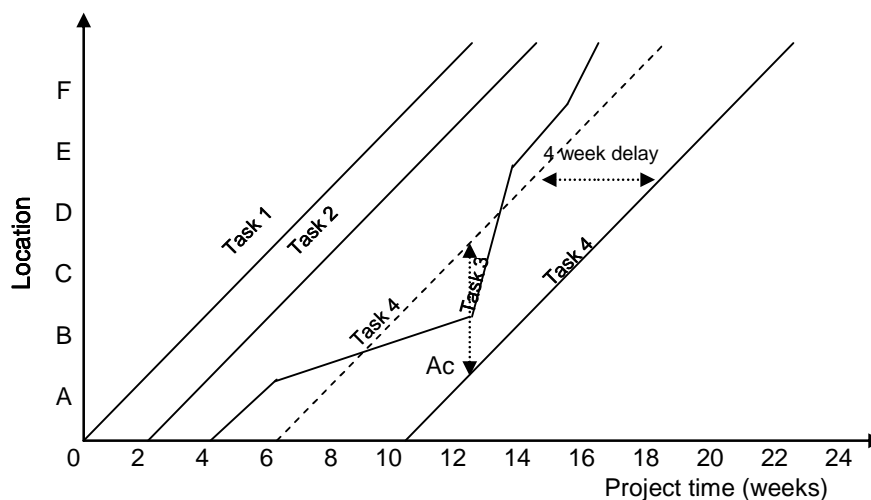
Masing-masing unit tidak peduli dengan *line of balance*. Kuncinya adalah tingkat produksi dari kuantitas *line of balance* (kumulatif produksi), yaitu untuk menyeimbangkan tingkat perbedaan proses produksi, serta menggunakan *buffer* untuk memungkinkan variabilitas.



Gambar 2.27. Keseimbangan Produksi dari Tiga Tugas dalam LoB  
(Sumber : Kenley dan Seppänen, 2009)

#### b. Lokasi Produksi

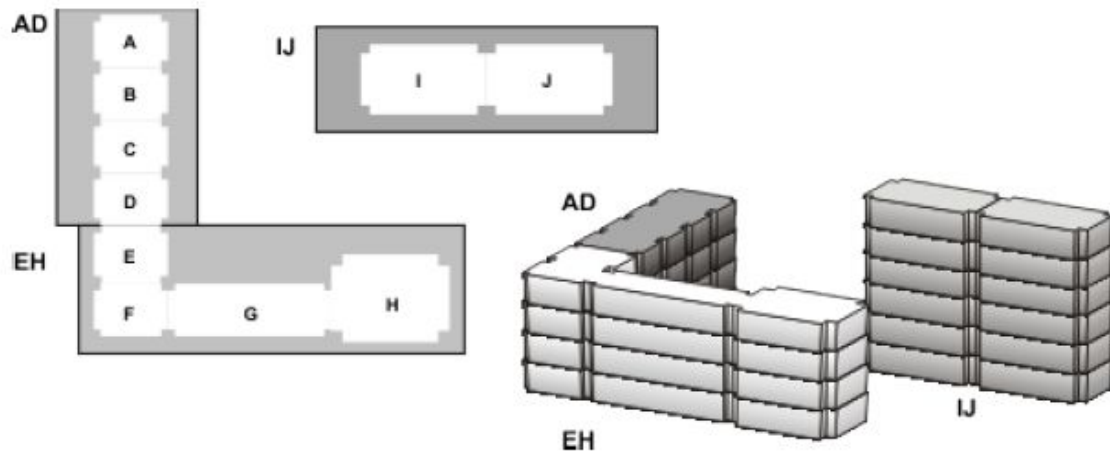
Dengan lokasi produksi, penekanannya pada pelaksanaan pekerjaan dalam lokasi dan tingkat penyelesaian sekuensial. Ini membentuk satu baris untuk setiap tugas yang dimulai di bagian bawah lokasi dan finishing di bagian atas lokasi. Setelah satu lokasi selesai, tugas itu terus ke lokasi kedua. Hal ini ditandai oleh representasi *flowline* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



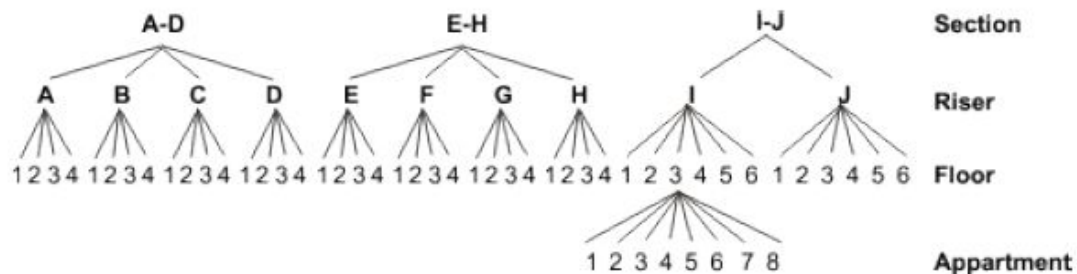
Gambar 2.28. Flowline dari Empat Tugas Yang Menunjukkan Delay  
(Sumber : Kenley dan Seppänen, 2009)

Fokusnya adalah pada tingkat produksi pada lokasi individu, yaitu untuk mendukung aliran sumber daya pada proses produksi melalui lokasi serta menggunakan

*buffer* yang memungkinkan untuk variabilitas. Lokasi lebih kompleks dibandingkan unit produksi, yang dapat ditangani dengan numerik. Lokasi memerlukan pengorganisasian hirarki struktur rincian lokasi (*LBS/Location Breakdown Structure*) dengan konsekuensi mengambil manfaat pada realitas fisik serta mengatur pekerjaan di site LBS yang berhubungan dengan fisik rincian proyek, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.29, di mana LBS seperti yang akan ditunjukkan pada Gambar 2.30.



Gambar 2.29. *Layout* Proyek Tipikal untuk Persiapan LBS  
(Sumber : Kenley dan Seppänen, 2009)



Gambar 2.30. LBS untuk Proyek Tipikal  
(Sumber : Kenley dan Seppänen, 2009)

Juga harus dicatat bahwa produksi adalah lokasi fisik, tidak ada persyaratan untuk itu menjadi pengulangan. Kuantitas cenderung bervariasi (atau tidak ada) antara lokasi, dan tugas-tugas yang diperlukan mungkin berbeda antara lokasi.

#### 2.4.1.4. Kritikan Terhadap LoB

Kavanagh (1985) menunjukkan bahwa LoB adalah teknik sederhana yang dirancang untuk model sederhana proses produksi berulang dan karenanya tidak siap terhadap berubah-ubahnya lingkungan konstruksi dan kompleksitasnya. Arditi dan Albulak (1986) berkomentar tentang masalah *visual* dalam penyajian diagram LoB dan

merekomendasikan warna grafis untuk membedakan antara kegiatan yang tumpang tindih. Neale dan Neale (1989) menyebutkan bahwa LoB bisa menunjukkan dengan jelas hanya pada jumlah informasi dan tingkat kompleksitas yang terbatas, terutama bila menggunakan teknik ini untuk memantau kemajuan. Al Sarraj (1990) memberi *review* penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode LoB adalah tidak diformalkan dalam bentuk pemakaian secara umum, sehingga yang digunakan pada industri konstruksi sangat terbatas.

#### **2.4.2. Time Chainage Diagram**

*Time Chainage Diagram* adalah merupakan salah satu metode dari penjadwalan linear. Nama lain dari *Time Chainage Diagram* adalah *Space Time Diagram*. *Time Chainage Diagram* adalah variasi lain dari LoB (Mawdesley et al., 1989). Metode ini juga dikenal sebagai *Time Distance Chart* yaitu merupakan perluasan sederhana dari metode *Bar Chart* yang dikenal luas oleh pengguna sistem perencanaan.

Pada proyek yang bersifat linear seperti proyek jalan raya dan *pipeline*, *chainage* (*distance*) adalah salah satu parameter yang penting. Sedangkan pada proyek yang bersifat *repetitive* seperti pada proyek perumahan dan gedung bertingkat di mana banyak terdapat sejumlah kegiatan yang sama, maka menjadi sangat beralasan jika jumlah pekerjaan yang berulang (*repetition number*) menjadi parameter yang penting juga dalam perencanaan. Jadi di dalam *Time Chainage Diagram* ada dua parameter penting yaitu *distance* dan *repetition number* (Mawdesley et al., 1997 : 22).

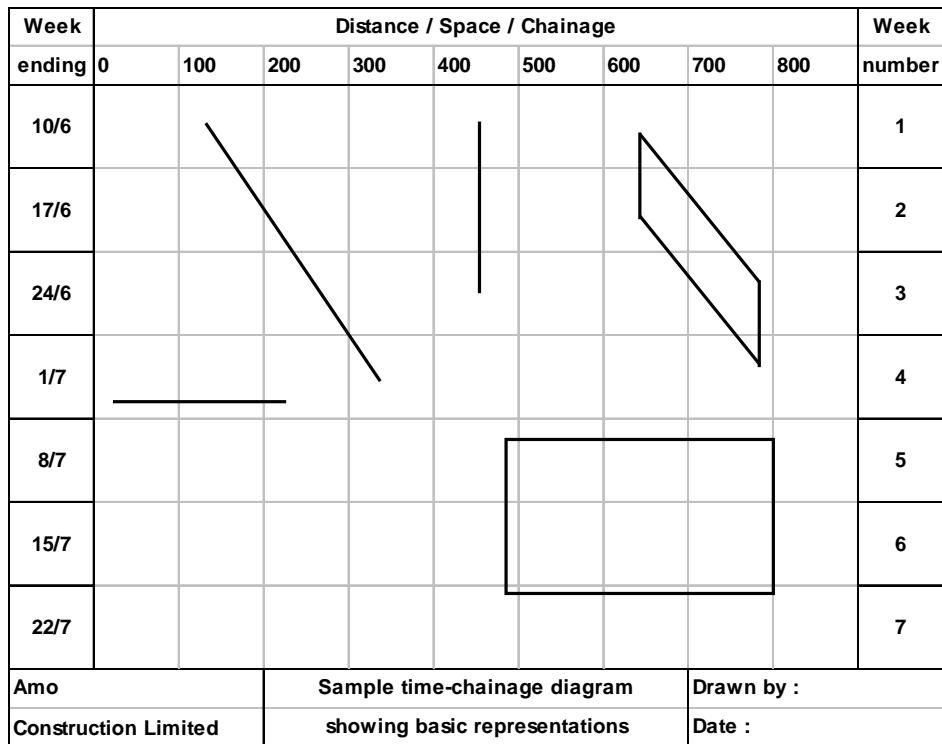
Sebagai alat komunikasi seperti *bar chart*, *time chainage diagram* juga dapat digunakan sebagai alat perencanaan. Misalnya untuk membantu mencegah perselisihan/penumpukan sumber daya dengan cara mengisolasi/memisahkan wilayah pekerjaan sumber daya selama waktu tertentu (Mawdesley et al., 1997 : 24).

##### **2.4.2.1. Format Time Chainage Diagram**

Biasanya format dari *Time Chainage Diagram* adalah sumbu horizontal untuk waktu (*Time*), sedangkan sumbu vertikal untuk *space* atau *distance* (*unit number*). Tetapi di dalam prakteknya, banyak perencana yang memilih untuk proyek yang bersifat linear seperti proyek jalan raya dan *pipeline*, sumbu horizontal digunakan untuk *chainage* sedangkan sumbu vertikal untuk *Time*.



Adapun bentuk umum dari *Time Chainage Diagram* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.31. Bentuk Umum dari Metode *Time Chainage Diagram*  
(Sumber : Mawdesley et al., 1997 : 23)

Penggunaan *plotting* waktu ke bawah dan lima bentuk dasar yang sering digunakan dalam *time chainage diagram* diperlihatkan pada gambar di atas. Adapun interpretasi dari masing-masing bentuk tersebut adalah sebagai berikut :

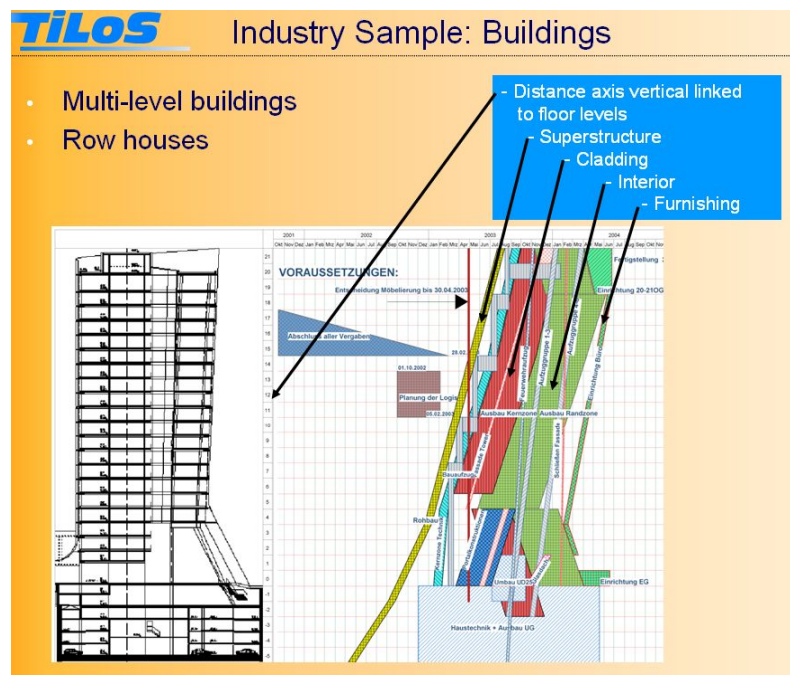
- **Garis Horisontal**, merupakan perencanaan kegiatan yang terjadi seketika itu atau yang harus segera selesai secara signifikan selama proyek berlangsung. Misalnya pekerjaan *traffic* yang biasanya dikerjakan pada hari libur atau tanggal tertentu.
- **Garis Vertikal**, merupakan suatu perencanaan kegiatan yang berada pada jarak tertentu atau menempati jarak yang relatif pendek sepanjang potongan longitudinal proyek. Misalnya pekerjaan jembatan, dan *drainage outfall*.
- **Garis Miring**, digunakan jika suatu pekerjaan linear mempunyai durasi relatif yang dapat diabaikan, pada lokasi yang khusus, dan dijadwalkan untuk progress selama proyek berlangsung. Seperti pekerjaan drainase dan marka jalan.
- **Kotak Miring**, merupakan suatu jajaran genjang yang digunakan jika suatu kegiatan menempati jarak yang signifikan dari suatu proyek dan dijadwalkan untuk progress selama proyek berlangsung. Seperti pekerjaan *surfacing* dan *topsoil*.

- **Kotak Persegi**, digunakan untuk pekerjaan yang menempati jarak yang signifikan pada suatu proyek, dan mengindikasikan suatu pekerjaan yang mungkin terjadi pada beberapa lokasi sepanjang jarak yang ditentukan serta beberapa waktu pada area pekerjaan. Misalnya pekerjaan tanah.

Bentuk-bentuk dasar yang biasa digunakan tersebut adalah suatu bentuk penyederhanaan dari tujuan perencanaan, biasanya berdasarkan atas pertimbangan yang mendekati kenyataan. Adapun pertimbangan tersebut adalah sebagai berikut (Mawdesley et al., 1997 : 24) :

- *Progress* pekerjaan pada kisaran yang sama di semua lokasi
- Adanya sejumlah pekerjaan spesifik yang sama yang dikerjakan pada tiap lokasi
- Tipe spesifik dari pekerjaan yang mengambil waktu yang sama pada tiap lokasi

Selain bentuk-bentuk di atas, masih dimungkinkan untuk menggunakan bentuk-bentuk lain, seperti jajaran genjang yang terdistorsi dan bentuk kurva. Hal itu dimungkinkan karena untuk mengilustrasikan adanya perbedaan tingkat kesulitan sejumlah pekerjaan yang sama pada lokasi yang berbeda.



Gambar 2.32. Contoh Metode *Time Chainage Diagram* Pada Gedung Bertingkat  
(Sumber : [www.cadstation.com.au](http://www.cadstation.com.au))

#### **2.4.2.1. Kritikan Terhadap *Time Chainage Diagram***

Penggunaan *Time Chainage Diagram* sebagai alat penjadwalan proyek kurang begitu familiar (Mawdesley et al., 1997 : 23). Keterbatasan penggunaan *Time Chainage Diagram* sebagai perencanaan dan pengendalian fungsi dikarenakan oleh kesulitan di dalam memperbarui data secara manual. Oleh karena itu, konsumsi waktu untuk perubahan akan menjadi lama (Mawdesley et al., 1997 : 25).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Penelitian yang sedang dikerjakan ini termasuk dalam penelitian studi kasus. Berdasarkan atas sifat-sifat masalah dari penelitian, rancangan penelitian ini dapat digolongkan dalam penelitian Deskriptif Komparatif (*Comparative Descriptive Research*). Deskriptif berarti pemaparan masalah yang ada berdasarkan data, sedangkan komparatif berarti membandingkan (Narbuko dan Achmadi, 2002 : 44). Dalam hal ini adalah membandingkan dan menganalisa beberapa teknik-teknik dasar penjadwalan konstruksi.

#### **3.2. Obyek Penelitian**

Obyek studi dari penelitian ini adalah 15 proyek konstruksi, yang terdiri dari 5 (lima) proyek gedung, 5 (lima) proyek jalan, dan 5 (lima) proyek bangunan air, yang digunakan untuk menarik kesimpulan umum metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang sering dipakai di Indonesia. Adapun yang dijadikan sebagai sampel untuk mengeksplorasi metode perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi pada penelitian ini adalah 1 (satu) proyek gedung, 1 (satu) proyek jalan, dan 1 (satu) proyek bangunan air.

Proyek konstruksi gedung yang dijadikan sebagai sampel adalah proyek pembangunan gedung *Teaching Hospital*, dengan luas bangunan : 24.000 m<sup>2</sup>. Gedung *Teaching Hospital* ini terdiri dari : gedung A 3 lantai, gedung B 5 lantai, dan gedung C 4 lantai. Dengan nilai kontrak Rp. 137.000.000.000,00 dan sebagai pelaksana proyek PT. Pembangunan Perumahan. Adapun durasi dari proyek adalah 17 bulan kalender, yang dimulai pada tanggal 12 Februari 2009 sampai dengan tanggal 11 Juli 2010. *Site Plan* dan 3D dari *Teaching Hospital* dapat dilihat pada gambar berikut :



Luas Bangunan : 24.000 m<sup>2</sup>  
 Jumlah lantai : Gedung A 3 lantai  
 Gedung B 5 lantai  
 Gedung C 4 lantai

Gambar 3.1. *Site Plan Teaching Hospital*  
 (Sumber : Data Proyek PT. PP)



Gambar 3.2. *3D Teaching Hospital*  
 (Sumber : Data Proyek PT. PP)

Sedangkan untuk proyek jalan, yang dijadikan sebagai sampel adalah proyek jalan Demak *Bypass*. Pekerjaan pembangunan jalan Demak *Bypass* STA. awalnya di desa Jogoloyo (arah Semarang) dan STA. akhirnya di desa Mranak (arah Kudus). Panjang penanganan pekerjaan secara keseluruhan adalah 6,9 Km dengan nilai kontrak Rp. 40.769.527.599,46. Adapun durasi dari proyek ini adalah 18 bulan kalender dimulai pada

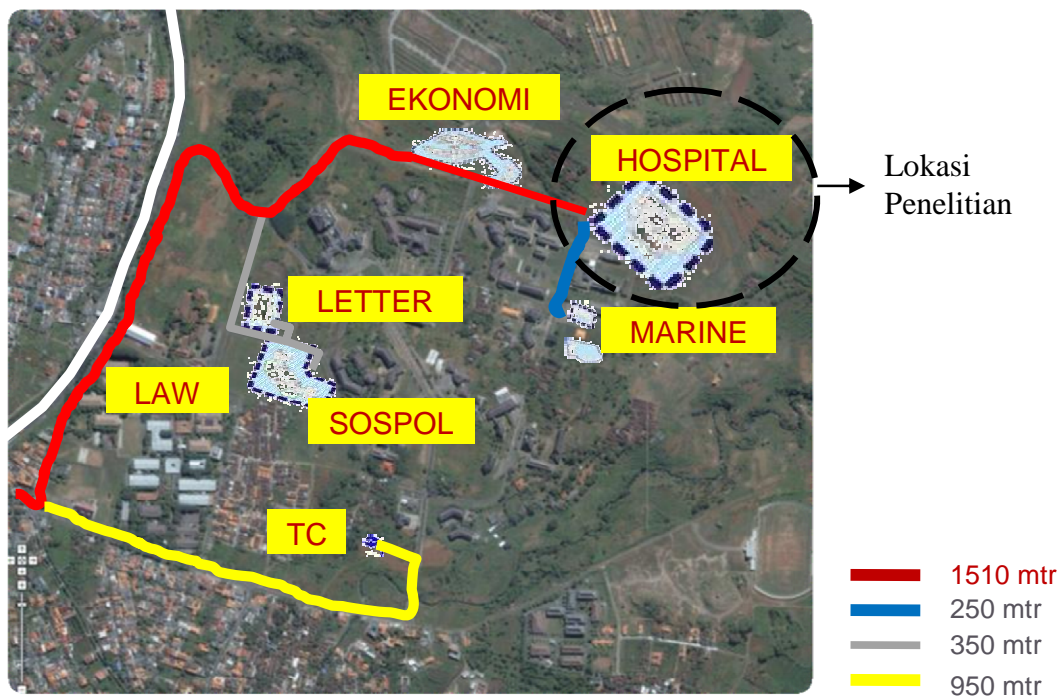
tahun 2007 sampai tahun 2009 dengan pelaksana proyek PT. Lampiri Jaya Abadi – PT. Baita Sari, JO.

Adapun untuk proyek bangunan air, yang dijadikan sebagai sampel adalah proyek *Graving Dock*, dengan kontraktor PT. MODERN SURYA JAYA. Ukuran dari proyek *Graving Dock* ini adalah (150x28x8,5) m dengan durasi pekerjaan proyek 19 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2008. Nilai kontrak dari proyek ini adalah sebesar Rp. 30.368.855.000,00.

### 3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian proyek konstruksi yang dijadikan sebagai sample proyek adalah sebagai berikut:

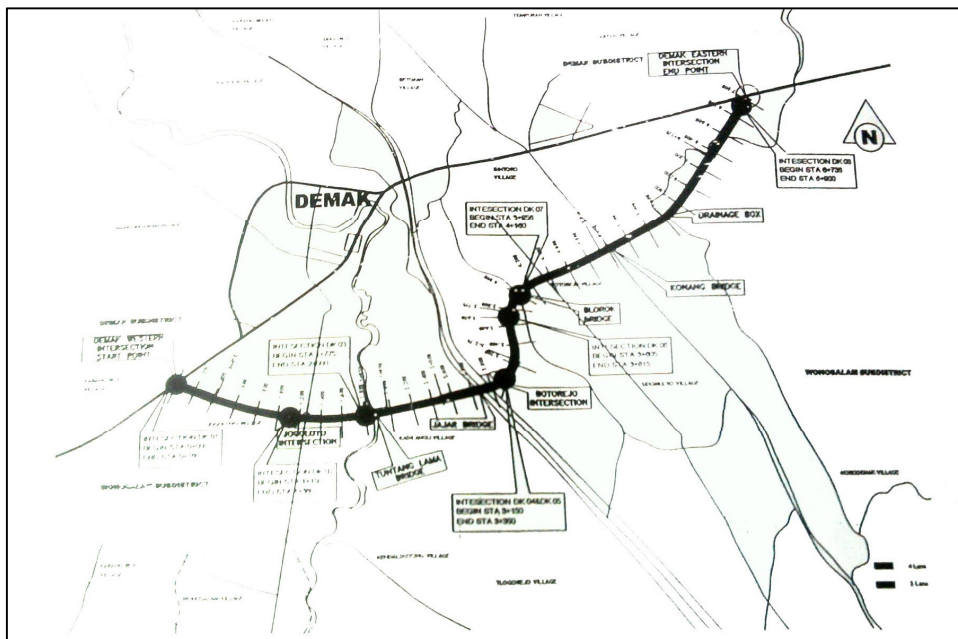
Untuk proyek pembangunan gedung *Integrated Diponegoro University Development Project* terletak di Tembalang, Semarang.



Gambar 3.3. Lokasi Penelitian Proyek *Teaching Hospital*  
(Sumber : Data Proyek PT. PP)



Adapun proyek jalan Demak *Bypass* terletak di Kabupaten Demak dengan STA 0+000 di desa Jogoloyo (arah Semarang) dan STA 6+900 di desa Mranak (arah Kudus).



Gambar 3.4. *Layout Proyek Jalan Demak Bypass*  
(Sumber : Data Proyek Jalan Demak Bypass)

Sedangkan proyek *Graving Dock* terletak di Jl. Yos Sudarso, Tanjung Emas, Semarang.



Gambar 3.5. *Lokasi Proyek Graving Dock*  
(Sumber : Data Proyek Graving Dock)

### **3.4. Metode Pengumpulan Data**

#### **3.4.1. Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumbernya, yaitu pada proyek pembangunan gedung *Integrated Diponegoro University Development Project*, proyek jalan Demak *Bypass*, dan proyek *Graving Dock*. Data ini diperoleh baik melalui pengamatan, kuisioner maupun wawancara secara langsung terhadap kondisi proyek dengan pihak-pihak terkait, antara lain staf proyek, pelaksana lapangan, dan para ahli yang berpengalaman dibidangnya.

Pengumpulan data primer ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan data *schedule* yang berasal dari proyek tersebut. Alasan pemilihan proyek tersebut adalah karena proyek tersebut memiliki sifat yang kompleks, mempunyai hubungan logika ketergantungan antar kegiatan, mempunyai sifat linear dan berulang (*repetitive*), dan mempunyai unsur ketidakpastian yang tinggi.

#### **3.4.2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diambil secara tidak langsung. Data sekunder ini diambil melalui data-data proyek, laporan-laporan proyek, dan buku-buku literatur yang umumnya berupa teori, informasi, konsep dasar atau metode-metode yang dapat menunjang ataupun mendukung penulisan tesis ini, seperti *time schedule* maupun data-data pendukung lainnya.

### **3.5. Metode Analisis Data**

Setelah data terkumpul akan dilakukan analisis data dan elaborasi dari penjadwalan proyek yang ada, berupa metode *Bar Chart* yang diubah ke dalam bentuk metode *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line of Balance (LoB)*, dan *Time Chainage Diagram*.

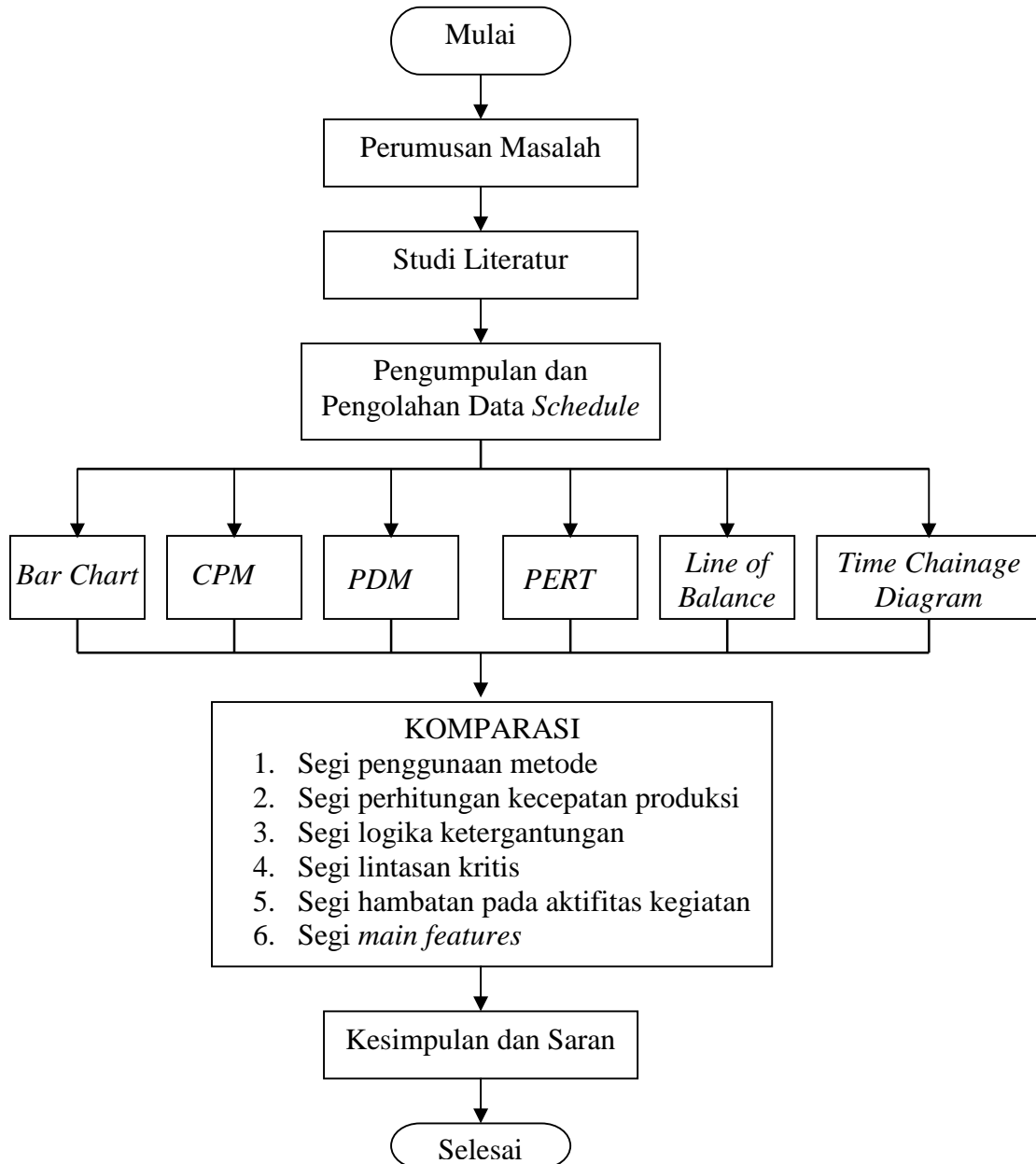
### **3.6. Metode Komparasi**

Setelah dilakukan elaborasi, maka hasil dari penjadwalan metode *Bar Chart*, *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line of Balance (LoB)*, dan *Time Chainage Diagram* dilakukan komparasi atau perbandingan baik dari segi penggunaan, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, lintasan kritis, hambatan/gangguan pada aktifitas kegiatan, maupun dari segi *main features*. Untuk 3 aspek komparasi, yaitu dari segi penggunaan metode,



perhitungan kecepatan produksi, dan hambatan/gangguan pada aktifitas kegiatan berdasarkan pada penelitian yang terdahulu (Setianto, 2004). Sedangkan untuk segi logika ketergantungan dan lintasan kritis berdasarkan pada penelitian Ammar dan Elbeltagi (2001). Adapun untuk segi *main features* berdasarkan pada Mawdesley et al. (1997).

Adapun alur pelaksanaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

### **DATA PENELITIAN**

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai hasil pengumpulan data pada proyek konstruksi yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini. Adapun aspek yang akan dibahas adalah data penelitian, data metode perencanaan dan penjadwalan proyek gedung, jalan, dan bangunan air, serta tabulasi data.

#### **4.1. Data Penelitian**

Pengumpulan data dilakukan dengan menganalisa data perencanaan dan penjadwalan proyek gedung, jalan, dan bangunan air untuk mengetahui perbandingan serta kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek. Adapun data perencanaan dan penjadwalan proyek yang digunakan adalah 15 (lima belas) proyek yang terdiri dari 5 (lima) proyek gedung, 5 (lima) proyek jalan, dan 5 (lima) proyek bangunan air. Kemudian dari masing-masing proyek tersebut diambil 1 (satu) *sample* untuk dieksplorasi metode perencanaan dan penjadwalannya. Pada proyek konstruksi gedung *Teaching Hospital* dan proyek *Graving Dock*, pengumpulan data dilakukan langsung ke proyek, sedangkan untuk data-data pada proyek yang lain, data didapat dari data sekunder (Laporan Proyek). Adapun laporan proyek yang dibutuhkan adalah *time schedule*, kurva S perencanaan dan penjadwalan proyek. Berikut ini adalah data metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini :

##### **4.1.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Gedung**

###### **4.1.1.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung *Teaching Hospital***

Proyek pembangunan gedung *Teaching Hospital* ini mempunyai luas bangunan sekitar 24.000 m<sup>2</sup>. Gedung *Teaching Hospital* ini terdiri dari 3 (tiga) gedung, yaitu : gedung A memiliki 3 lantai, gedung B terdiri dari 5 lantai, dan gedung C mempunyai 4 lantai. Dengan nilai kontrak Rp. 137.160.429.000,00 dan sebagai pelaksana proyek adalah PT. Pembangunan Perumahan. Adapun durasi dari proyek ini adalah 17 bulan kalender, yang dimulai pada tanggal 12 Februari 2009 sampai dengan tanggal 11 Juli 2010. Item

pekerjaan pada proyek ini terbagi dalam dua kelompok pekerjaan, yaitu pekerjaan struktur (*structure work*) dan pekerjaan arsitektur (*architecture work*). Item kegiatan yang dilaksanakan per lantai untuk Proyek *Teaching Hospital* Gedung A antara lain :

Tabel 4.1. Item Pekerjaan Pada Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

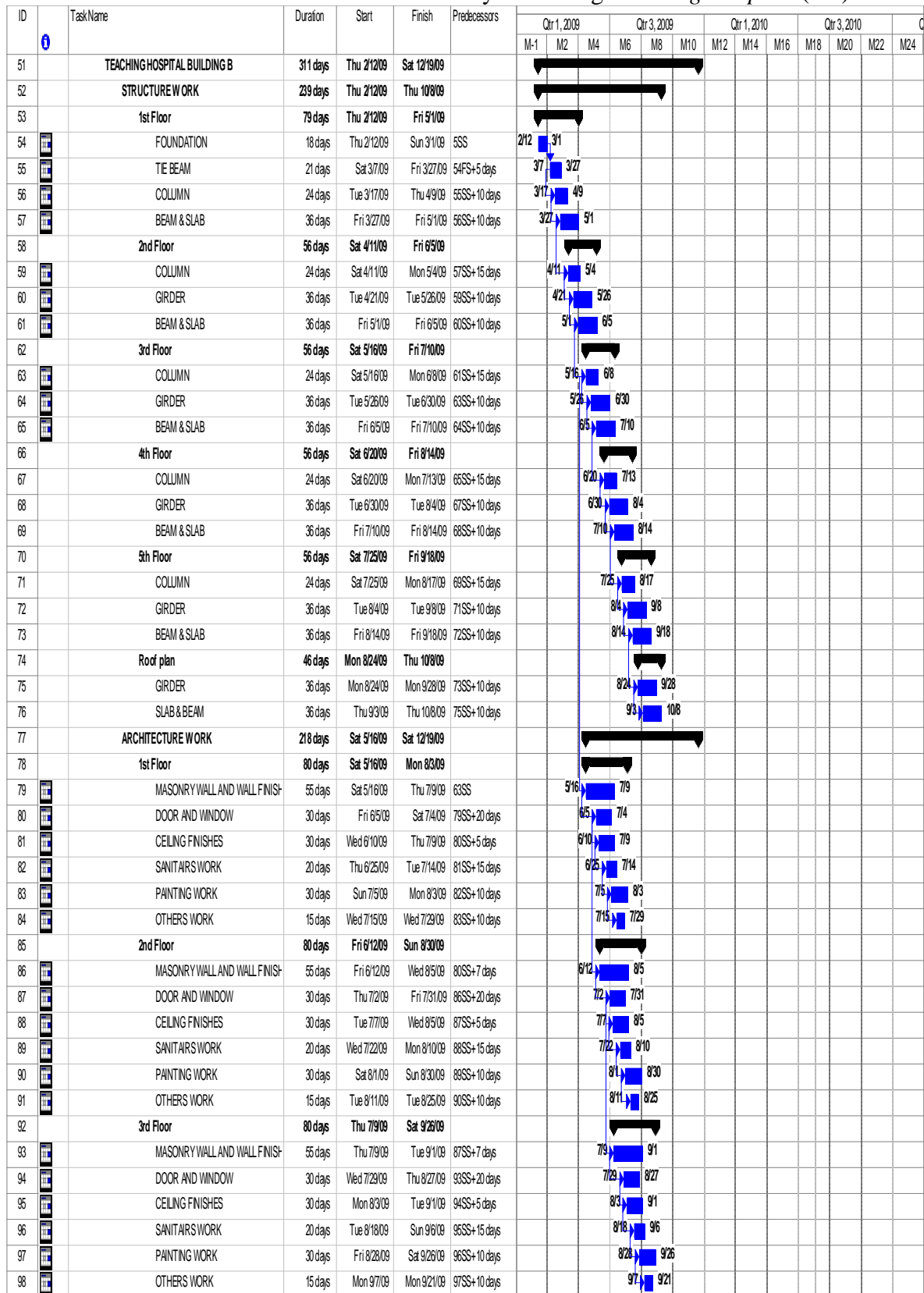
<b>TEACHING HOSPITAL BUILDING A :</b>
<b>STRUCTURE WORK</b>
<b>1st Floor</b>
FOUNDATION
TIE BEAM
COLUMN
BEAM & SLAB
<b>2nd Floor</b>
COLUMN
GIRDER
BEAM & SLAB
<b>3rd Floor</b>
COLUMN
GIRDER
BEAM & SLAB
<b>Roof plan</b>
GIRDER
SLAB & BEAM
<b>ARCHITECTURE WORK</b>
<b>1st Floor</b>
MASONRY WALL AND WALL FINISHES
DOOR AND WINDOW
CEILING FINISHES
SANITAIRS WORK
PAINTING WORK
OTHERS WORK
<b>2nd Floor</b>
MASONRY WALL AND WALL FINISHES
DOOR AND WINDOW
CEILING FINISHES
SANITAIRS WORK
PAINTING WORK
OTHERS WORK
<b>3rd Floor</b>
MASONRY WALL AND WALL FINISHES
DOOR AND WINDOW
CEILING FINISHES
SANITAIRS WORK
PAINTING WORK
OTHERS WORK
<b>Roof plan</b>
MASONRY WALL AND WALL FINISHES
CEILING FINISHES
PAINTING WORK

OTHERS WORK
-------------

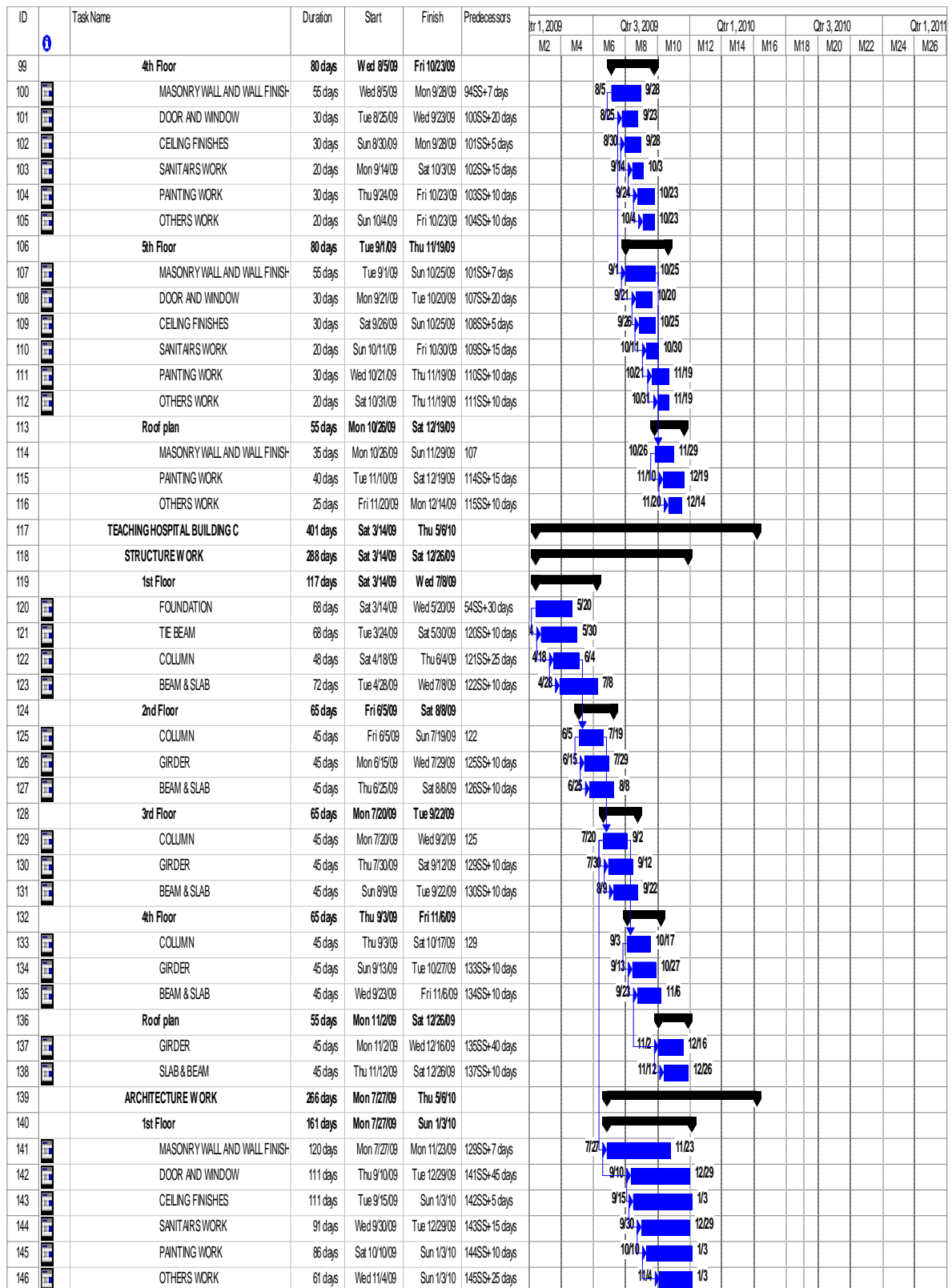
Untuk lebih jelasnya jadwal kegiatan pada proyek gedung *Teaching Hospital* dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini :

ID	TaskName	Duration	Start	Finish	Predecessors
1					
2	INTEGRATED DIPONEGORO UNIVERSITY DEVELOPMENT1	477 days	Thu 2'12'09	Fri 7'9'10	
3	START	0 days	Thu 2'12'09	Thu 2'12'09	
4	TEACHING HOSPITAL	477 days	Thu 2'12'09	Fri 7'9'10	
5	PREPARATION	300 days	Thu 2'12'09	Tue 12'8'09	3SS
6	TEACHING HOSPITAL BUILDING A	319 days	Sun 3'29'09	Wed 2'10'10	
7	STRUCTURE WORK	155 days	Sun 3'29'09	Sun 8'30'09	
8	1st Floor	60 days	Sun 3'29'09	Wed 5'27'09	
9	FOUNDATION	16 days	Sun 3'29'09	Mon 4'13'09	5SS+45 days
10	TIE BEAM	16 days	Wed 4'8'09	Thu 4'23'09	9SS+10 days
11	COLUMN	30 days	Sat 4'18'09	Sun 5'17'09	10SS+10 days
12	B.E.A.M & S.L.A.B	30 days	Tue 4'28'09	Wed 5'27'09	11SS+10 days
13	2nd Floor	50 days	Wed 5'13'09	Wed 7'4'09	
14	COLUMN	30 days	Wed 5'13'09	Thu 6'11'09	12SS+15 days
15	GIRDER	30 days	Sat 5'23'09	Sun 6'21'09	14SS+10 days
16	B.E.A.M & S.L.A.B	30 days	Tue 6'2'09	Wed 7'1'09	15SS+10 days
17	3rd Floor	50 days	Wed 6'17'09	Wed 8'5'09	
18	COLUMN	30 days	Wed 6'17'09	Thu 7'16'09	16SS+15 days
19	GIRDER	30 days	Sat 6'27'09	Sun 7'26'09	18SS+10 days
20	B.E.A.M & S.L.A.B	30 days	Tue 7'7'09	Wed 8'5'09	19SS+10 days
21	RooF plan	40 days	Wed 7'22'09	Sun 8'30'09	
22	GIRDER	30 days	Wed 7'22'09	Thu 8'20'09	20SS+15 days
23	S.L.A.B & B.E.A.M	30 days	Sat 8'1'09	Sun 8'30'09	22SS+10 days
24	ARCHITECTURE WORK	216 days	Fri 7'10'09	Wed 2'10'10	
25	1st Floor	90 days	Fri 7'10'09	Wed 10'7'09	
26	MASONRY WALL AND WALL FINISH	80 days	Fri 7'10'09	Sun 9'27'09	20SS+3 days
27	DOOR AND WINDOW	40 days	Mon 8'24'09	Fri 10'2'09	26SS+45 days
28	CEILING FINISHES	40 days	Sat 8'29'09	Wed 10'7'09	27SS+5 days
29	SANITAIRS WORK	25 days	Tue 9'8'09	Fri 10'2'09	27SS+15 days
30	PAINTING WORK	45 days	Mon 8'24'09	Wed 10'7'09	26SS+45 days
31	OTHERS WORK	20 days	Fri 9'18'09	Wed 10'7'09	30SS+25 days
32	2nd Floor	90 days	Mon 8'31'09	Sat 11'28'09	
33	MASONRY WALL AND WALL FINISH	80 days	Mon 8'31'09	Wed 11'18'09	27SS+7 days
34	DOOR AND WINDOW	40 days	Thu 10'15'09	Mon 11'23'09	33SS+45 days
35	CEILING FINISHES	40 days	Tue 10'20'09	Sat 11'28'09	34SS+5 days
36	SANITAIRS WORK	25 days	Fri 10'30'09	Mon 11'23'09	34SS+15 days
37	PAINTING WORK	45 days	Thu 10'15'09	Sat 11'28'09	33SS+45 days
38	OTHERS WORK	20 days	Mon 11'9'09	Sat 11'28'09	37SS+25 days
39	3rd Floor	90 days	Thu 10'22'09	Tue 1'19'10	
40	MASONRY WALL AND WALL FINISH	80 days	Thu 10'22'09	Sat 1'8'10	34SS+7 days
41	DOOR AND WINDOW	40 days	Sun 12'6'09	Thu 1'14'10	40SS+45 days
42	CEILING FINISHES	40 days	Fri 12'11'09	Tue 1'19'10	41SS+5 days
43	SANITAIRS WORK	25 days	Mon 12'21'09	Thu 1'14'10	42SS+10 days
44	PAINTING WORK	45 days	Sun 12'6'09	Tue 1'19'10	40SS+45 days
45	OTHERS WORK	20 days	Thu 12'31'09	Tue 1'19'10	44SS+25 days
46	RooF plan	55 days	Fri 12'18'09	Wed 2'10'10	
47	MASONRY WALL AND WALL FINISH	35 days	Fri 12'18'09	Thu 1'21'10	42SS+7 days
48	CEILING FINISHES	45 days	Wed 12'23'09	Fri 2'5'10	47SS+5 days
49	PAINTING WORK	30 days	Tue 1'12'10	Wed 2'10'10	47SS+25 days
50	OTHERS WORK	20 days	Thu 1'7'10	Tue 1'26'10	47SS+20 days

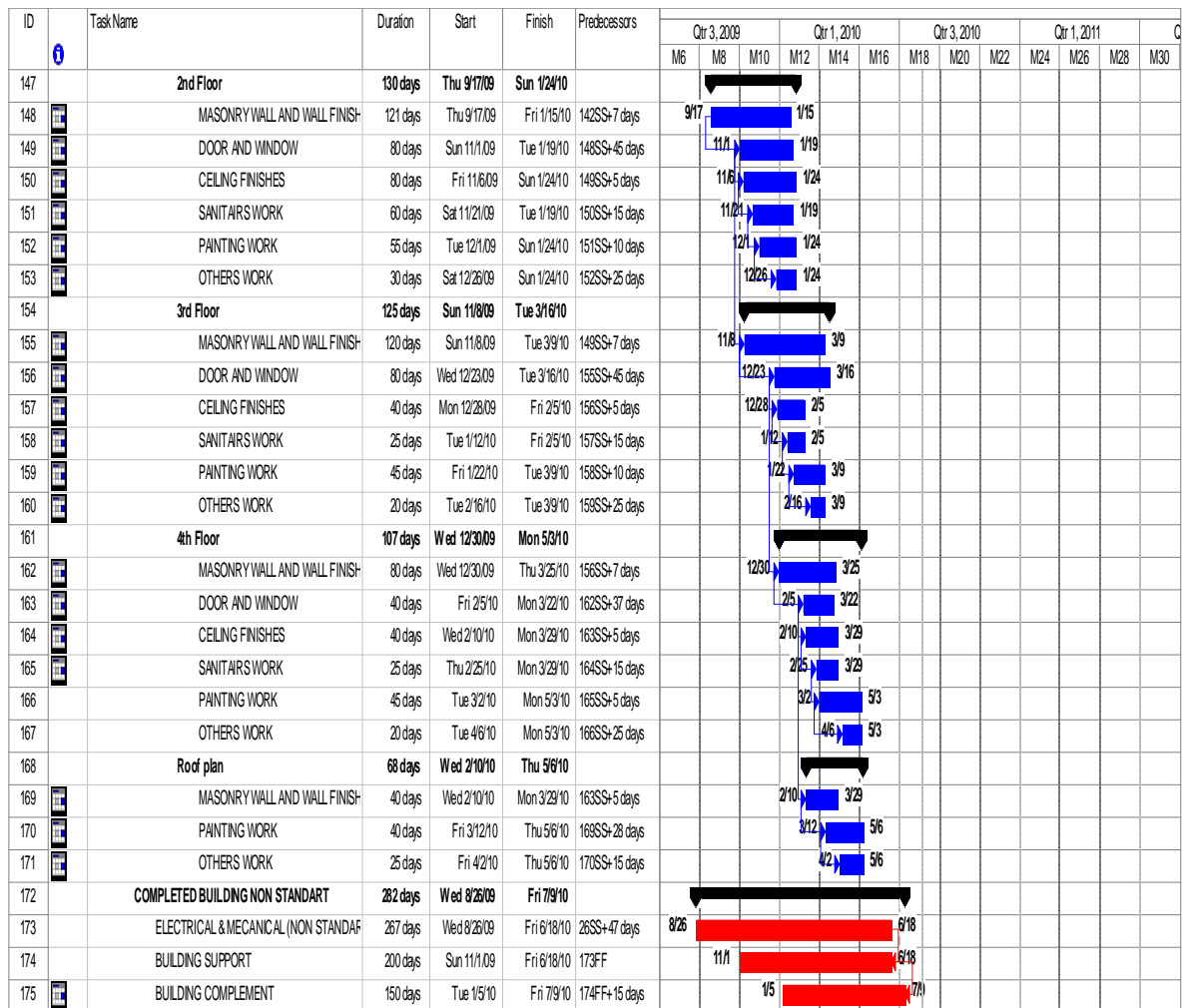
Gambar 4.1. *Linked Bar Chart* Pada Proyek Gedung *Teaching Hospital* (1/4)



Gambar 4.1. *Linked Bar Chart* Pada Proyek Gedung *Teaching Hospital* (2/4)

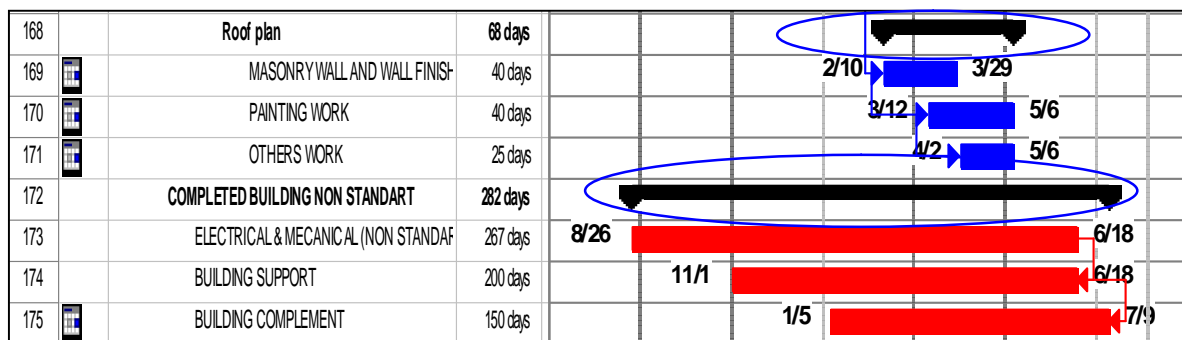


Gambar 4.1. *Linked Bar Chart* Pada Proyek Gedung Teaching Hospital (3/4)



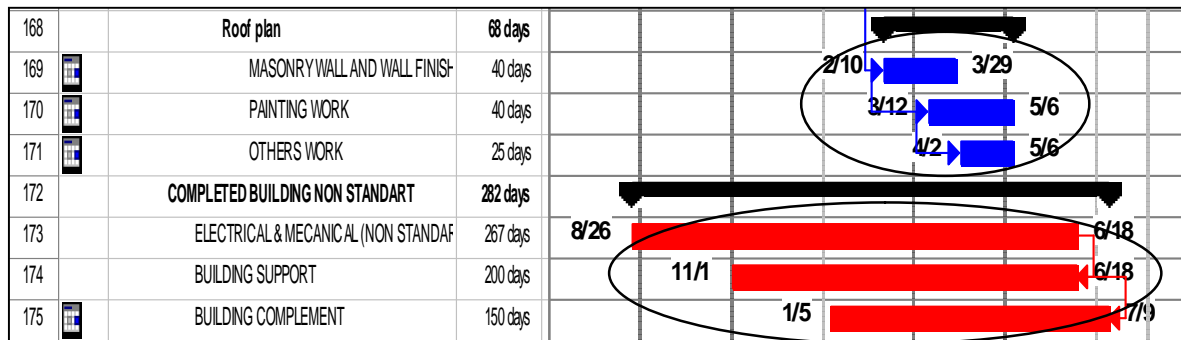
Gambar 4.1. *Linked Bar Chart* Pada Proyek Gedung *Teaching Hospital* (4/4)

Tampilan warna hitam, biru, dan merah pada *Linked Bar Chart* di atas, memiliki arti yang berbeda-beda.



Gambar 4.2. Penjelasan Warna Pada *Linked Bar Chart* Proyek Gedung *Teaching Hospital*

Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Misalnya *Roof Plan* adalah merupakan *heading* dari kegiatan *Masonry Wall and Wall Finished, Painting Work, dan Others Work*. Sedangkan *Completed Building Non Standart* adalah merupakan *heading* dari kegiatan *Electrical & Mecanical, Building Support, dan Building Complement*.



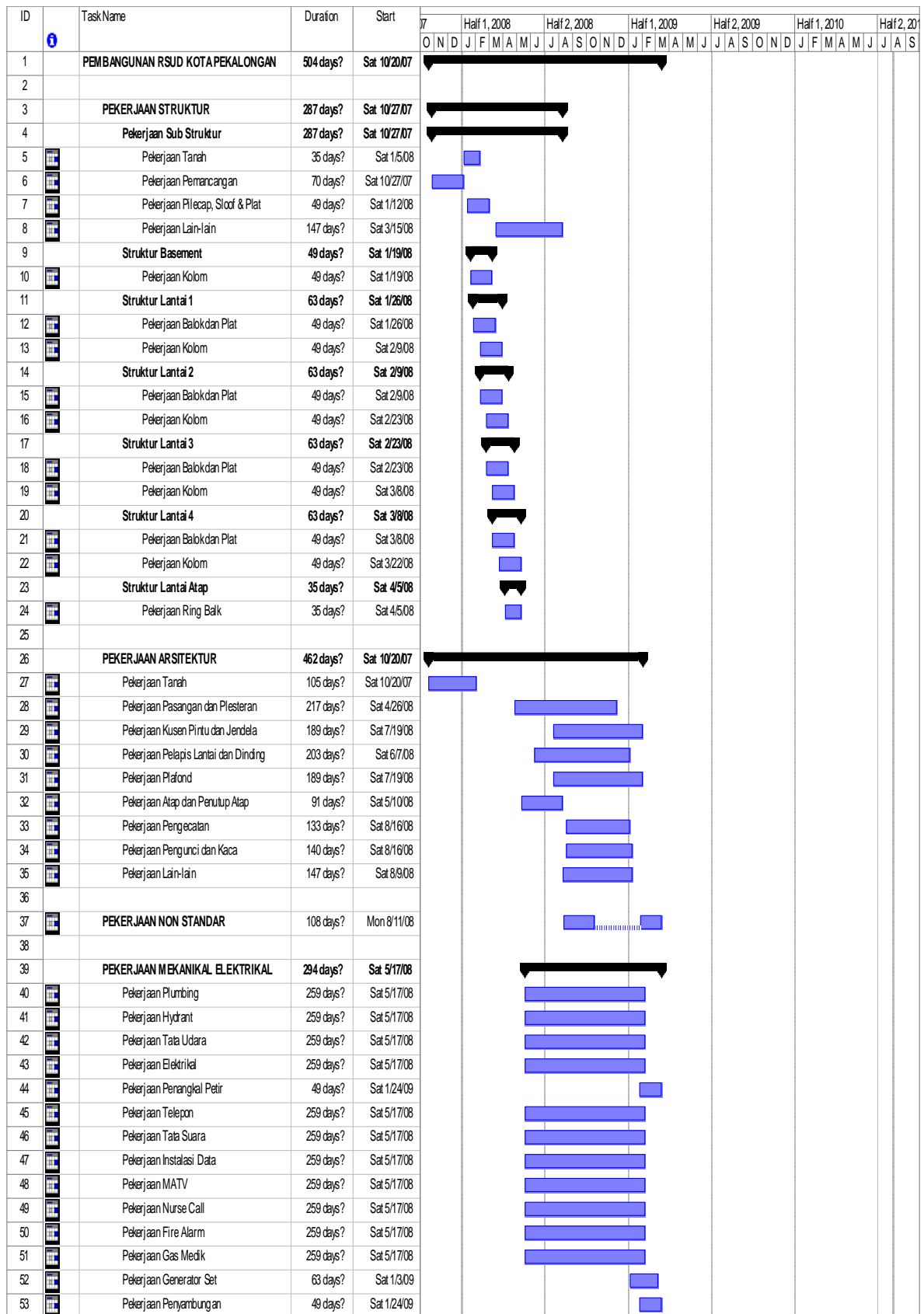
Gambar 4.2. Penjelasan Warna Pada *Linked Bar Chart* Proyek Gedung *Teaching Hospital*

Sedangkan warna merah menandakan suatu kegiatan yang berada di lintasan kritis (*Critical Path*) yang berarti tidak boleh terjadi penundaan pada item kegiatan tersebut atau dengan kata lain kegiatan tersebut merupakan kegiatan yang menjadi prioritas. Adapun warna biru memiliki arti bahwa kegiatan tersebut tidak berada dalam lintasan kritis sehingga bisa dipindahkan waktunya dan tidak membahayakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

#### 4.1.1.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan

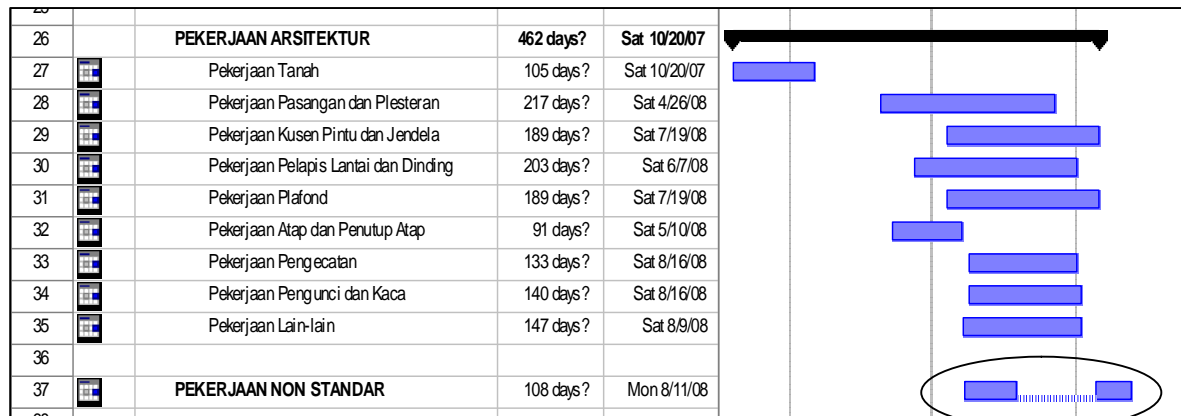
Pembangunan proyek gedung RSUD Kota Pekalongan ini dikerjakan oleh PT. Pembangunan Perumahan (PP) dengan nilai kontrak sebesar Rp. 54.998.200.000,00. durasi dari pekerjaan ini adalah 18 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2009. Bangunan ini terdiri dari 4 lantai dan 1 lantai *basement*. Lingkup pekerjaan dari proyek ini meliputi, pekerjaan struktur yang terdiri dari pekerjaan struktur bawah dan struktur atas, kemudian pekerjaan arsitektur, pekerjaan non standar, serta pekerjaan mekanikal dan elektrik. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk lebih jelasnya jadwal kegiatan pada proyek gedung RSUD Kota Pekalongan dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini :





Gambar 4.3. Bar Chart Pada Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan

Dari data *Bar Chart* di atas terdapat dua warna yang berbeda yaitu warna hitam dan biru, dan suatu item kegiatan yang tertunda pelaksanaannya atau tidak dikerjakan secara langsung. Lihat ilustrasi di bawah ini:



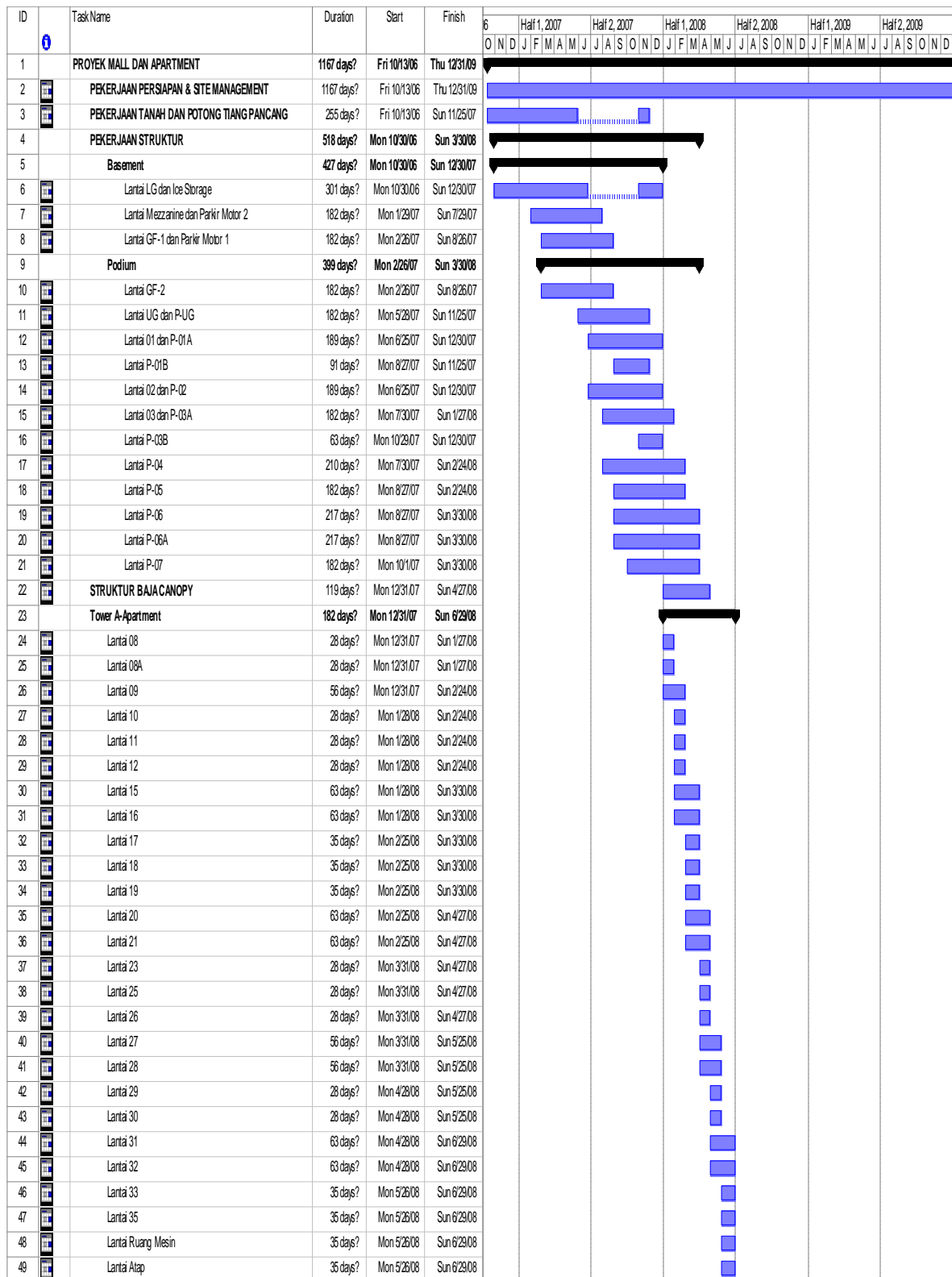
Gambar 4.4. Penjelasan Warna Pada *Bar Chart* Proyek Gedung RSUD Kota Pekalongan

Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang ditunjukkan dalam lingkaran hitam adalah item kegiatan yang tertunda pelaksanaannya. Item kegiatan tersebut adalah Pekerjaan Non Standar yang pada pertengahan pelaksanaannya terjadi interupsi atau jeda waktu kemudian baru dilanjutkan kemudian. Dalam perspektif perencanaan dan penjadwalan proyek item kegiatan tersebut merupakan kegiatan *splitable*, yaitu sebuah kegiatan yang dapat atau harus dihentikan untuk sementara pada suatu saat dan kemudian dilanjutkan kembali beberapa saat kemudian.

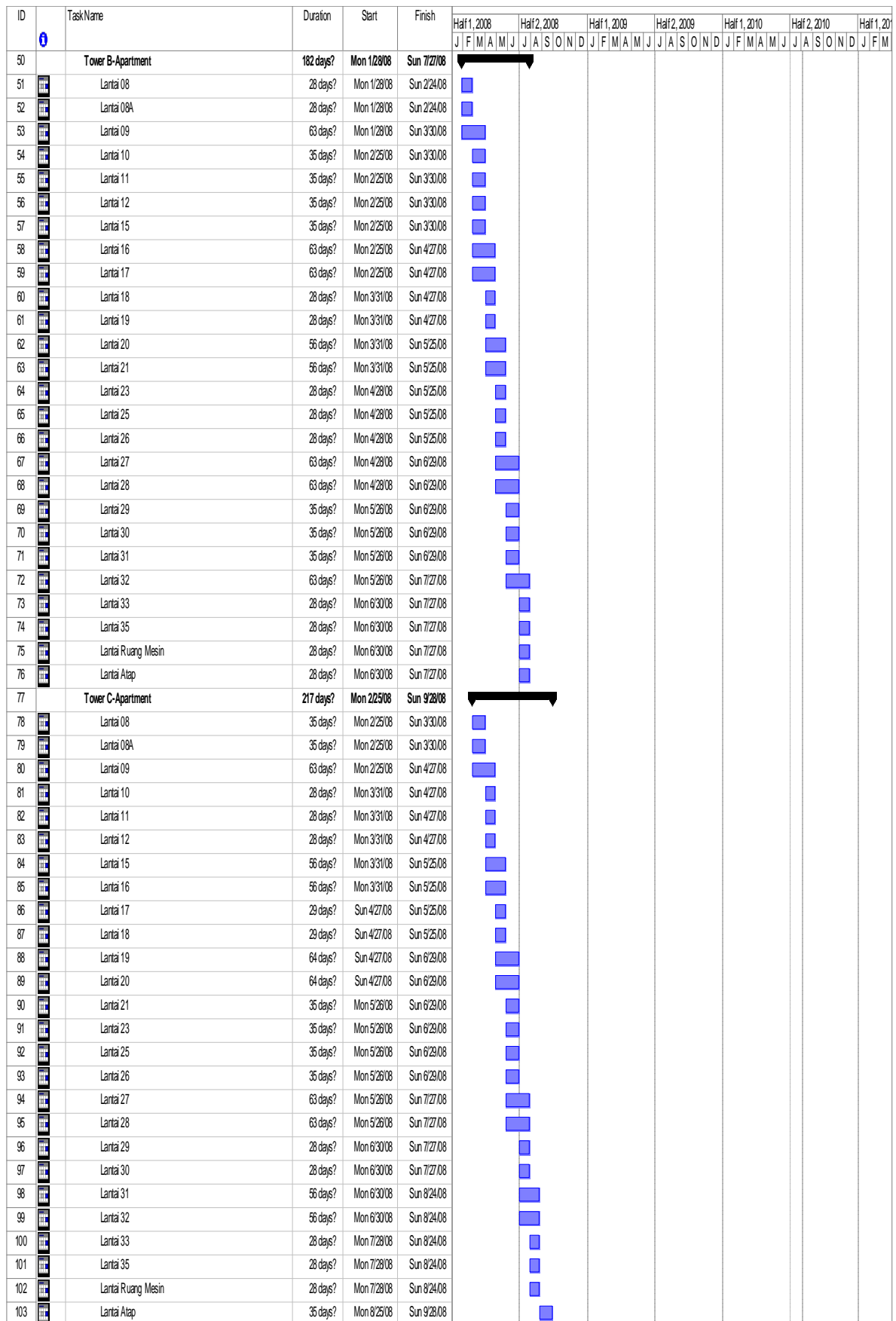
#### 4.1.1.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung *Seasons City ( Mall dan Apartment )*

Proyek gedung *Seasons City* terletak di kawasan Jakarta Barat. Nilai kontrak dari pekerjaan ini sebesar Rp. 577.082.000.000,00 dengan durasi 39 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2006 sampai dengan tahun 2009. Proyek ini dikerjakan oleh PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. Bangunan ini terdiri dari *Basement*, *Mall* dan Parkir, Fasilitas *Apartment*, dan 3 buah *Tower Apartment* dengan jumlah lantai 35 lantai. Proyek ini berada di areal 5,5 Ha dengan luas bangunan 385.398,77 m<sup>2</sup>, dan tinggi bangunan 134,2 m. Lingkup pekerjaan proyek ini secara keseluruhan adalah : pekerjaan persiapan dan *site management*, pekerjaan *dewatering*, pekerjaan tanah dan potong tiang pancang, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan *landscape*, pekerjaan mekanikal dan elektrik,

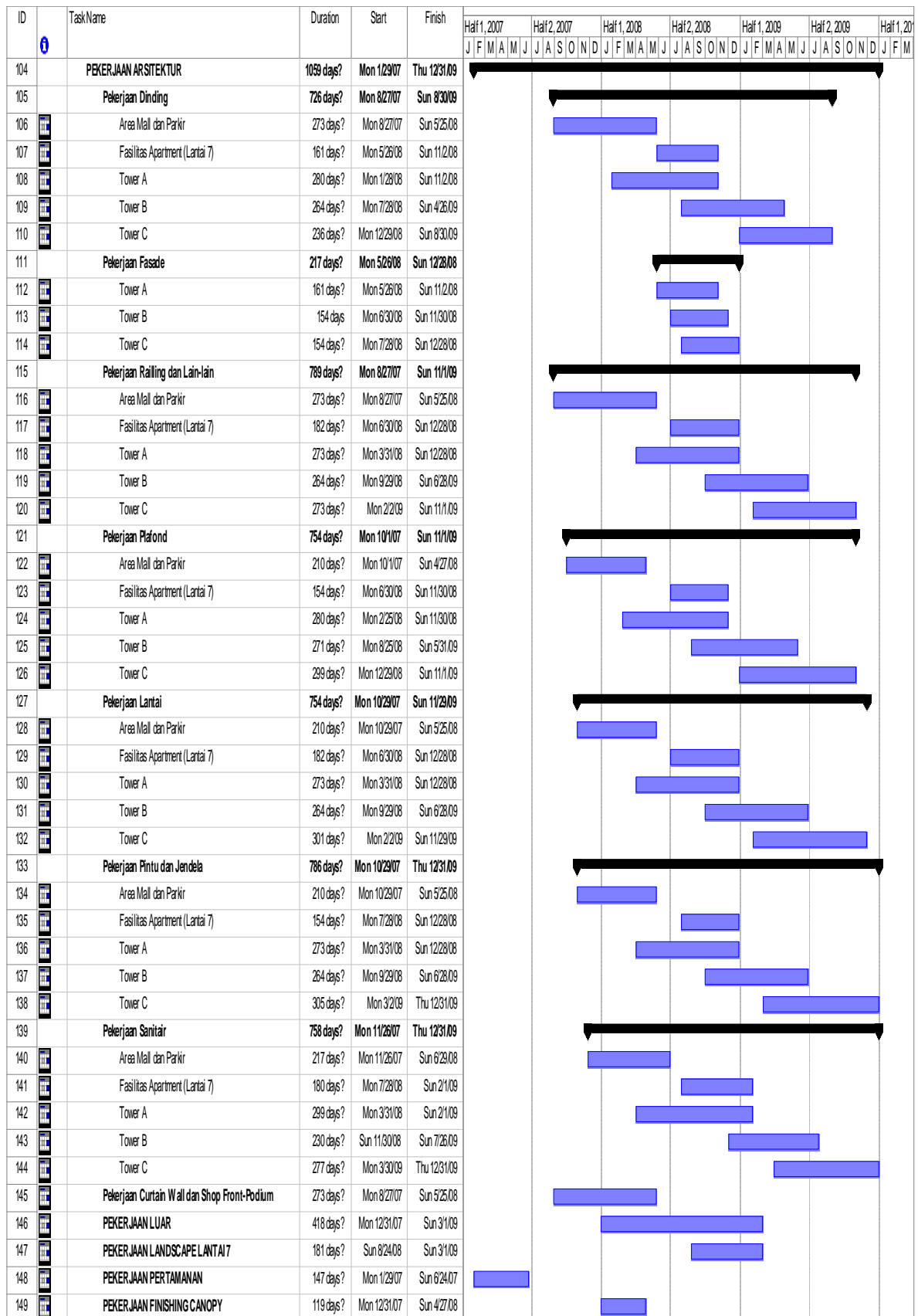
pekerjaan sanitasi. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk lebih jelasnya jadwal kegiatan pada proyek gedung *Seasons City ( Mall dan Apartment )* dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5. Bar Chart Pada Proyek Gedung Seasons City (1/3)



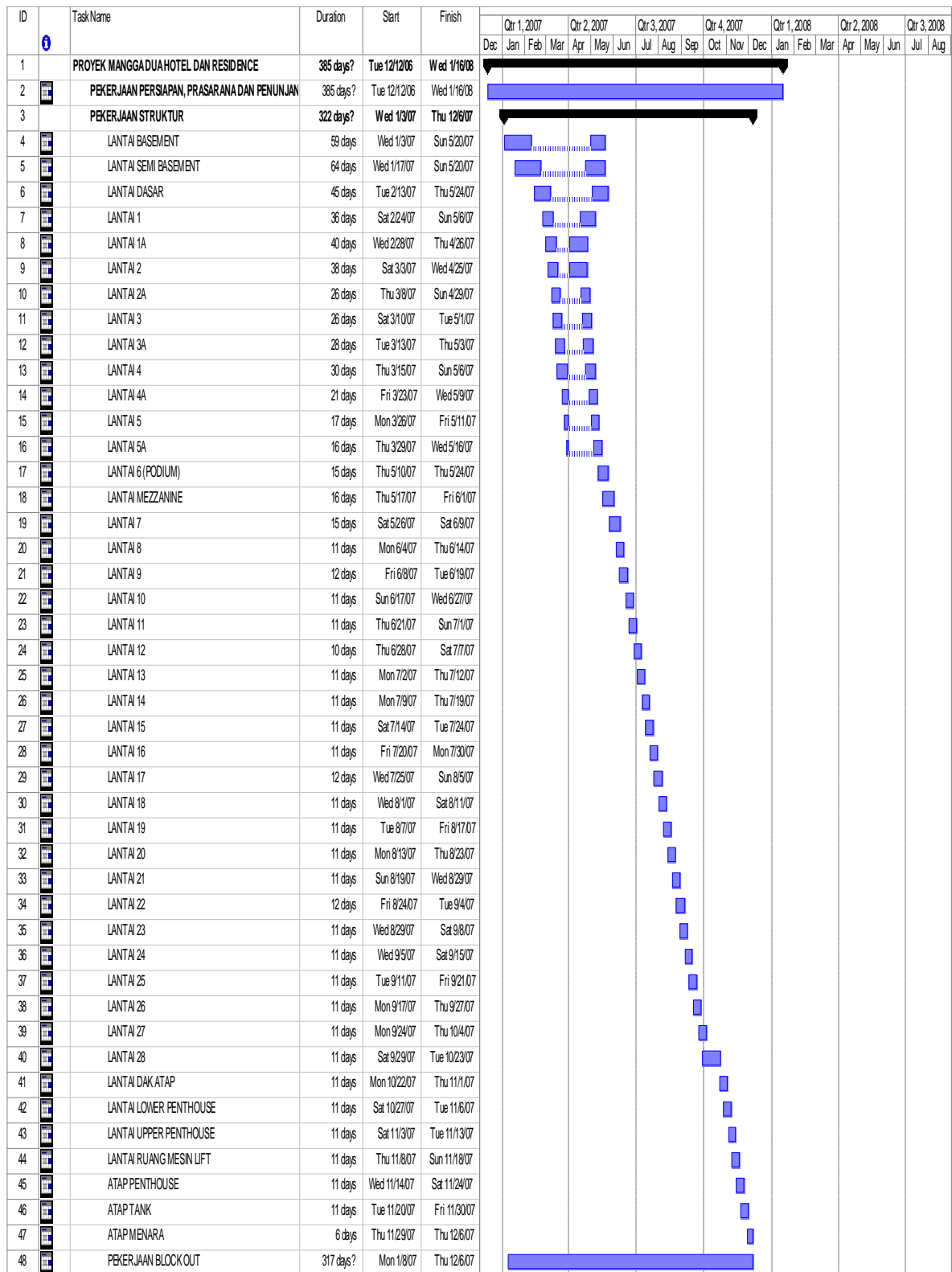
Gambar 4.5. Bar Chart Pada Proyek Gedung Seasons City ( 2/3)



Gambar 4.5. Bar Chart Pada Proyek Gedung Seasons City (3/3)

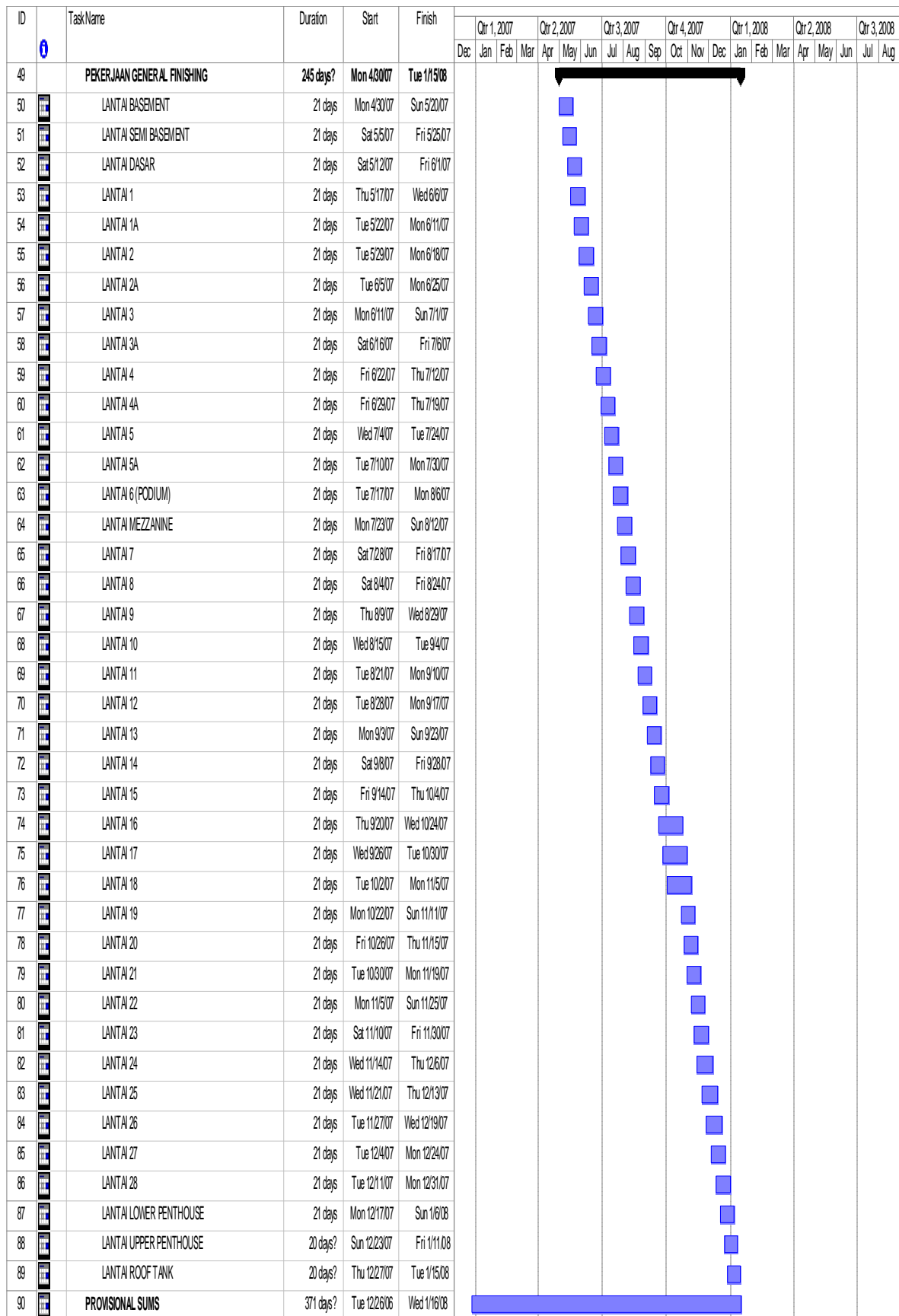
#### **4.1.1.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung Mangga Dua Hotel dan Residence**

Proyek Mangga Dua Hotel dan *Residence* ini berlokasi di Jl. Mangga Dua Abdad, Jakarta. Kontraktor utama dari proyek ini adalah PT. INDAPORA dan PT. NINDYA KARYA. Proyek ini mempunyai nilai kontrak sebesar Rp. 52.500.000.000,00. dengan durasi 14 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2008. Proyek Mangga Dua Hotel dan *Residence* ini terdiri dari 28 lantai dan 2 buah *basement* dengan luas lantai sekitar 39.00 m<sup>2</sup> dan tinggi bangunan sekitar 127,7 m. Bangunan ini diperuntukkan untuk hotel, apartmen, parkir, dan fasilitas pendukung lainnya. Adapun item pekerjaan dari proyek ini terdiri dari 3 item pekerjaan utama, yaitu : pekerjaan persiapan, prasarana dan penunjang, kemudian pekerjaan struktur, dan terakhir pekerjaan *general finishing*. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek gedung Mangga Dua Hotel dan *Residence* dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini:



Gambar 4.6. Bar Chart Pada Proyek Gedung Mangga Dua Hotel dan Residence (1/2)



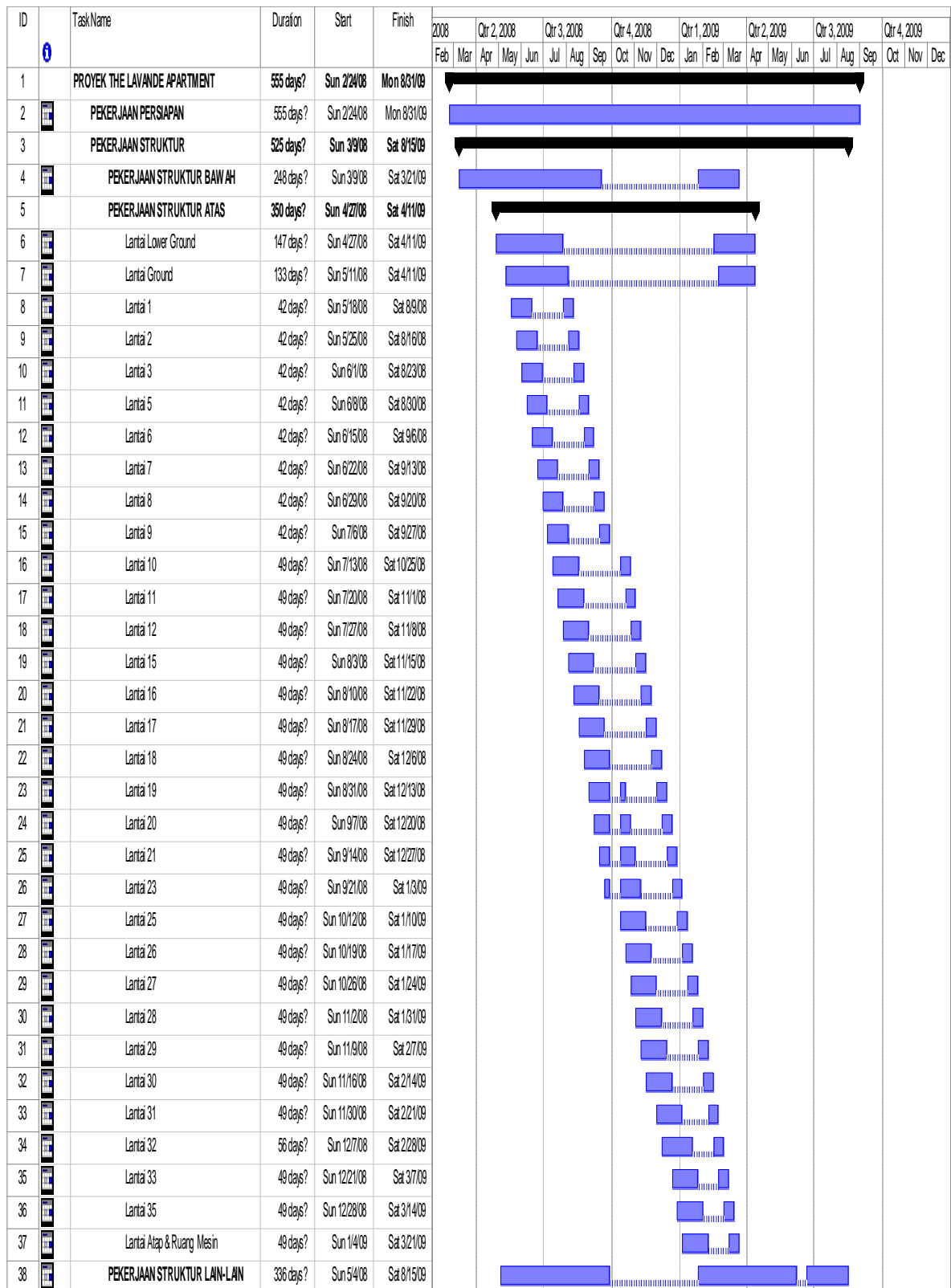


Gambar 4.6. Bar Chart Pada Proyek Gedung Mangga Dua Hotel dan Residence (2/2)

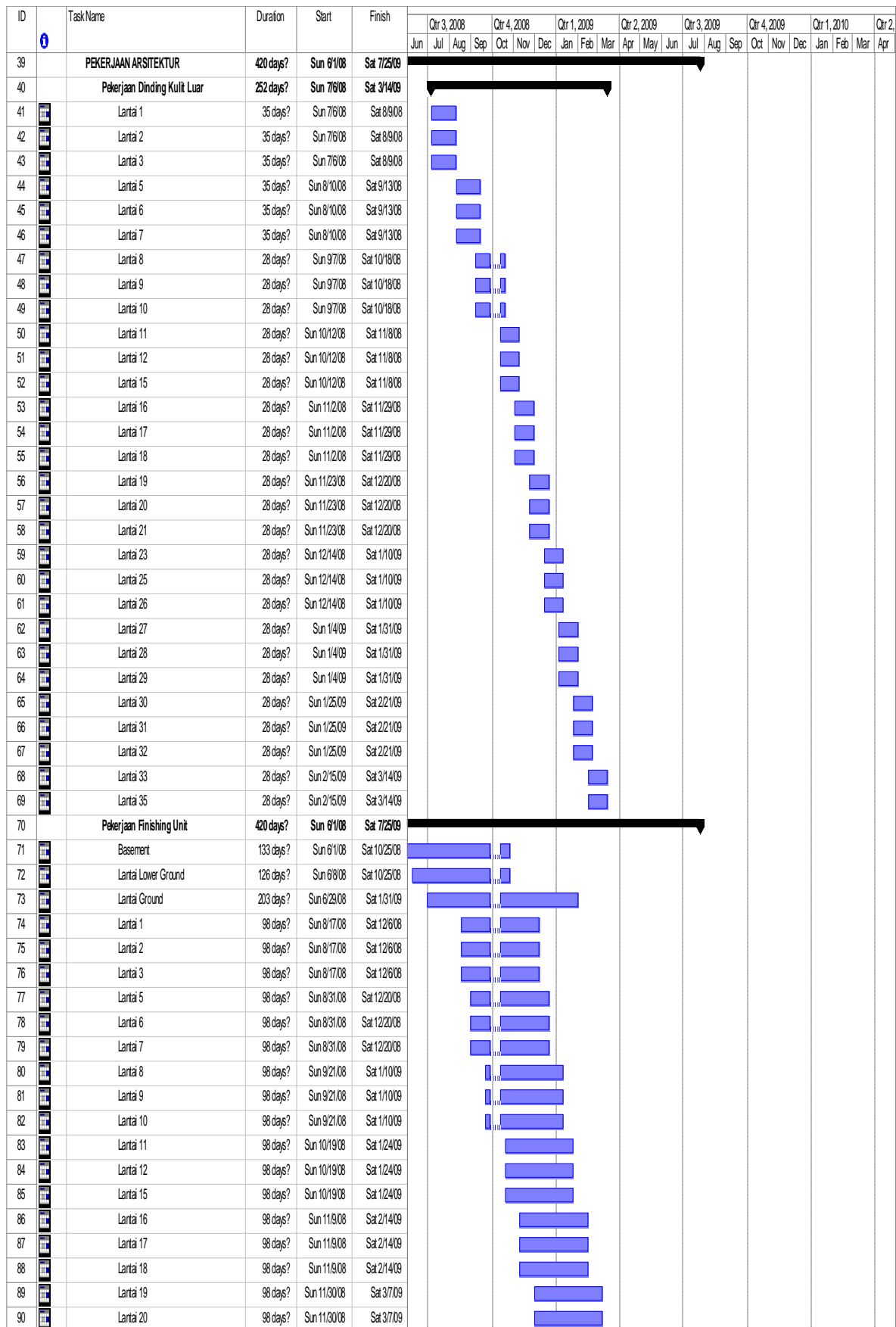
#### **4.1.1.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Gedung *The Lavande Apartment***

Proyek Pembangunan *The Lavande Apartment* dimulai pada Maret 2008 sampai dengan Oktober 2009, dengan durasi 18 bulan kalender dan nilai kontrak sebesar Rp. 130.000.000.000,00. Proyek ini terdiri dari 35 lantai yang terletak di Jalan Prof. Dr. Soepomo Jakarta Selatan dan dibangun di atas areal 1,5 Ha dengan kontraktor pelaksana PT. Pulauintan Baja Perkasa Konstruksi.

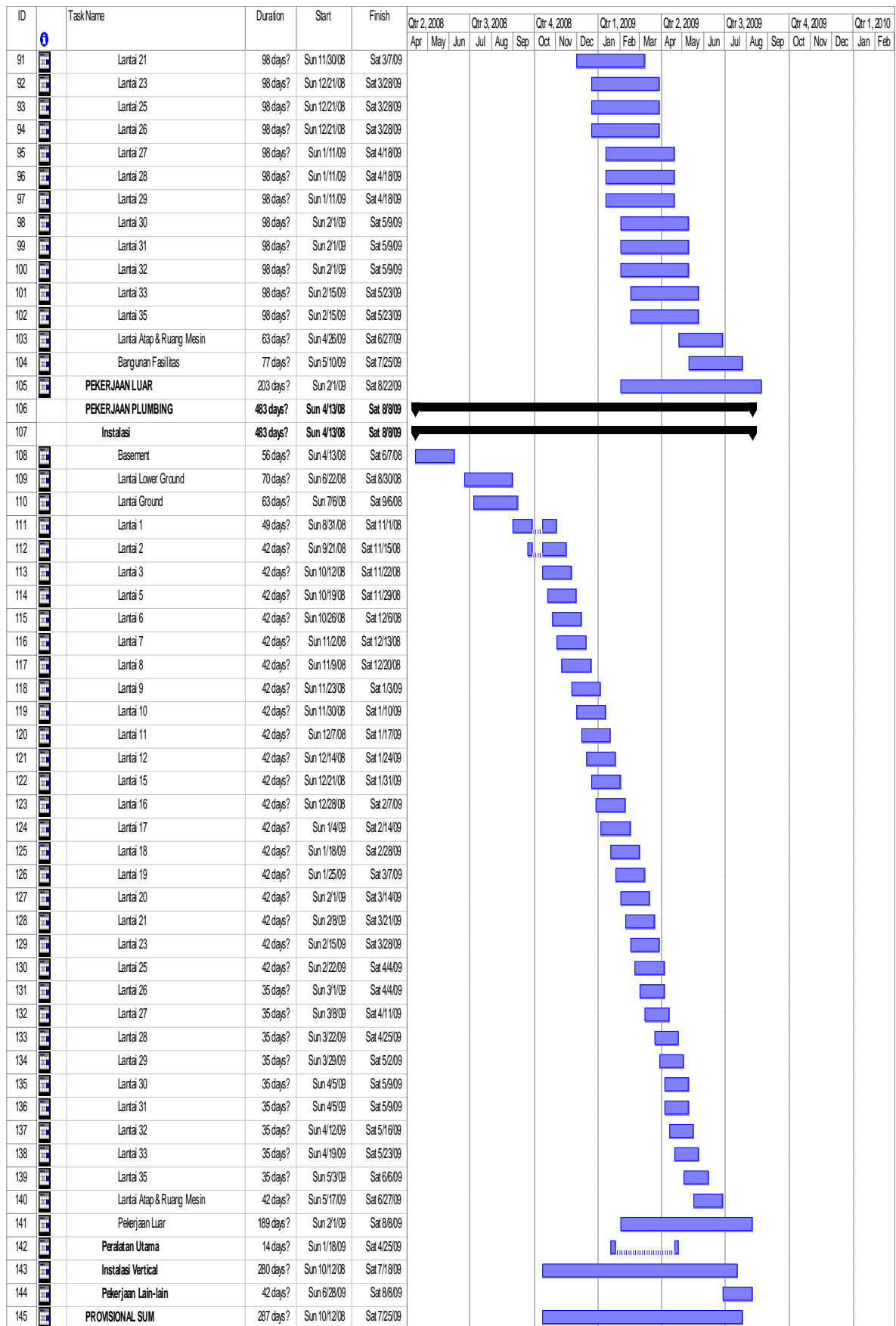
Lingkup pekerjaan proyek ini, antara lain : pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur yang terdiri dari pekerjaan struktur bawah dan pekerjaan struktur atas, kemudian pekerjaan *finishing* yang meliputi pekerjaan arsitektur, pekerjaan sanitasi, serta pekerjaan mekanikal dan elektrik. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek gedung *The Lavande Apartment* dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini :



Gambar 4.7. Bar Chart Pada Proyek Gedung The Lavande Apartment (1/3)



Gambar 4.7. Bar Chart Pada Proyek Gedung The Lavande Apartment (2/3)

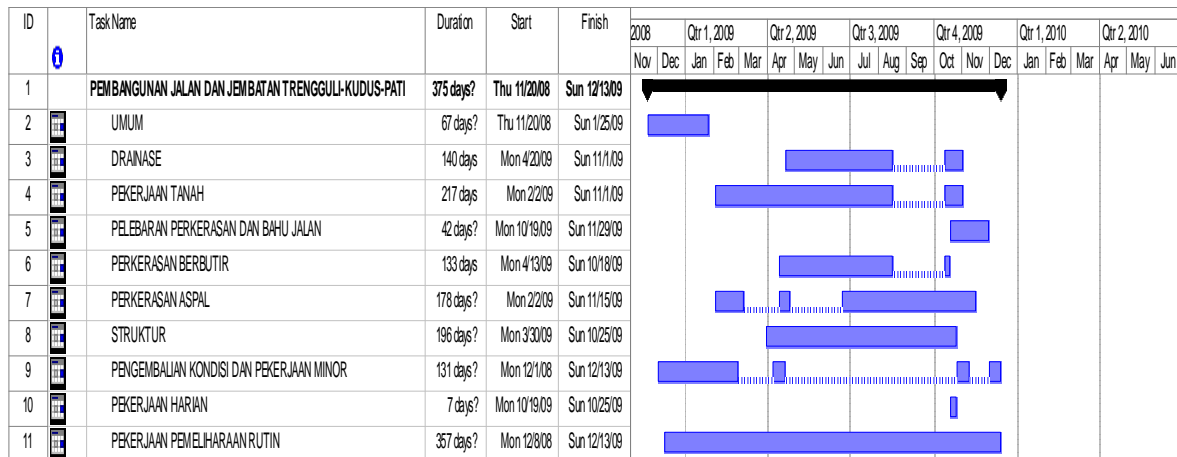


Gambar 4.7. Bar Chart Pada Proyek Gedung The Lavande Apartment (3/3)

#### 4.1.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Jalan

##### 4.1.2.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Pati-Rembang-Bulu

Proyek Pembangunan Jalan Pati-Rembang-Bulu berawal di daerah Lasem dari STA 0+000 (KM SMG 128+000) dan berakhir di kota Sluke (KM SMG 133+400), kemudian dilanjutkan lagi KM 158+850 sampai KM 159+350 dengan panjang efektif 5,9 Km. Nilai kontrak paket pekerjaan ini sebesar Rp. 30.763.904.994,00. dengan durasi waktu 14 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2008 sampai 2009, dan sebagai pelaksana pekerjaan adalah PT. DELTAMARGA ADYATAMA. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek jalan Pati-Rembang-Bulu dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini :

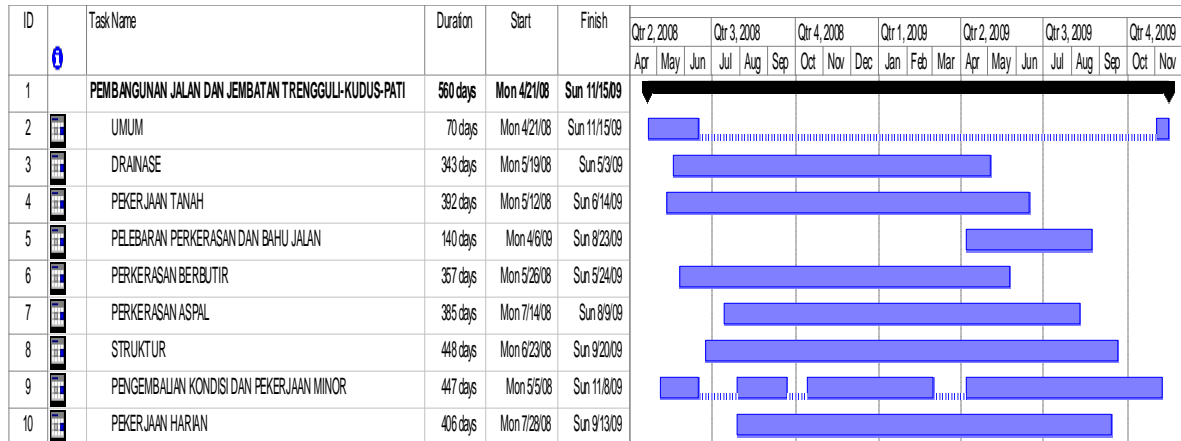


Gambar 4.8. *Bar Chart* Pada Proyek Jalan Pati-Rembang-Bulu

##### 4.1.2.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati

Proyek Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati dilaksanakan dengan durasi 19 bulan kalender dimulai tahun 2008 sampai tahun 2009, dengan pelaksana proyek PT. Adhi Karya, PT. Wijaya Karya, PT. Duta Graha Indah, JO. Nilai kontrak proyek ini sebesar Rp. 123. 240.123.400,00 dengan panjang efektif penanganan 22,118 Km. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS*

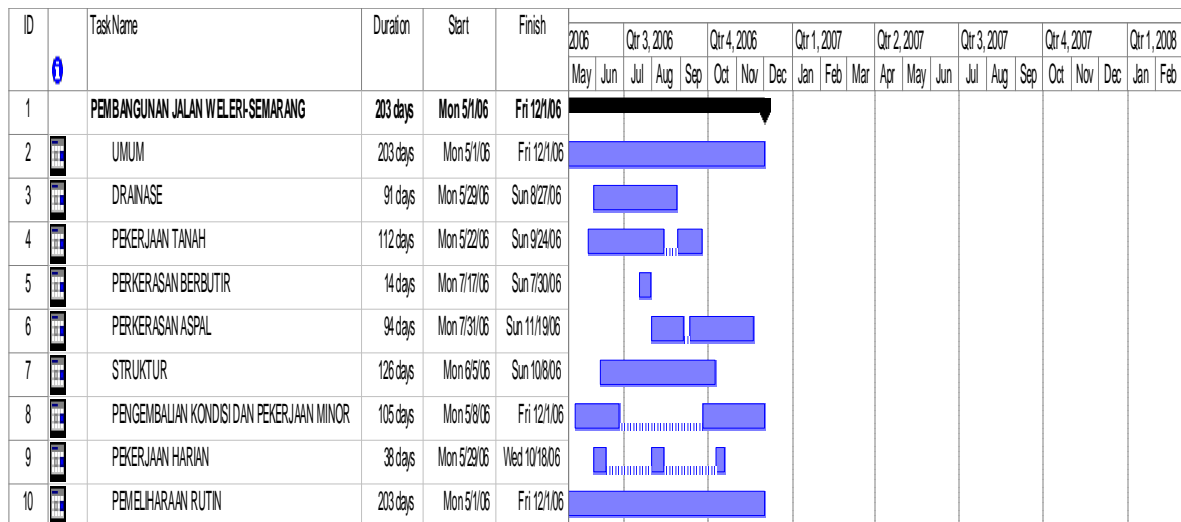
*Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek jalan dan jembatan Trengguli-Kudus-Pati dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini:



Gambar 4.9. *Bar Chart* Pada Proyek Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati

#### 4.1.2.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Weleri-Semarang

Proyek Jalan Weleri-Semarang ini dikerjakan pada tahun 2006 dengan durasi 7 bulan kalender, dan sebagai pelaksana proyek adalah PT. HUTAMA KARYA. Panjang penanganan jalan ini adalah 2,9 Km berawal dari KM SMG 33+700 dan berakhir pada KM SMG 36+600. Sumber dana dari paket pekerjaan ini berasal dari APBN murni dengan nilai kontrak Rp. 12.000.000.000,00. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek jalan Weleri-Semarang dapat dilihat pada gambar 4.10 di bawah ini :

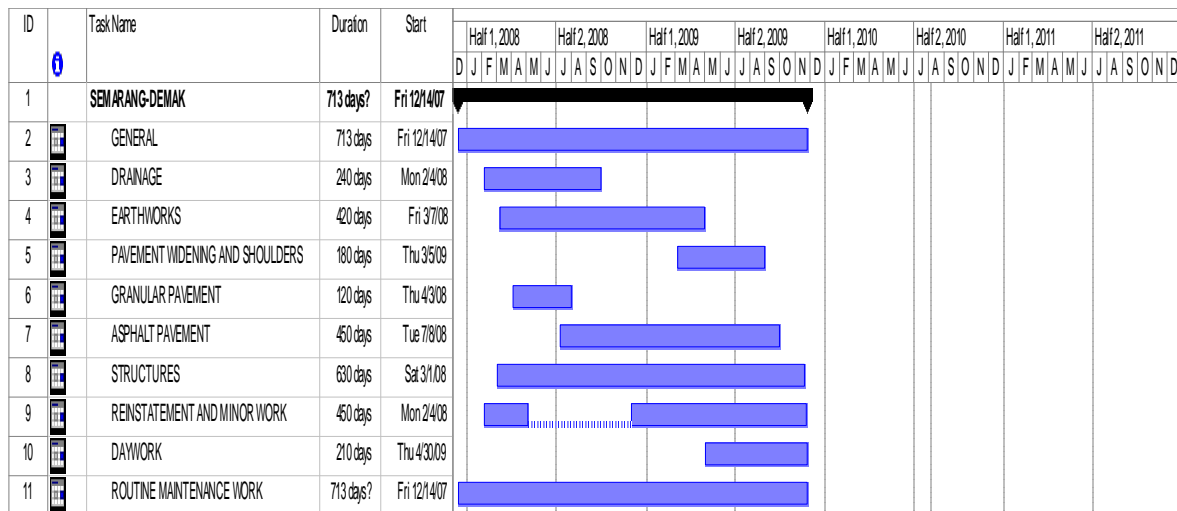


Gambar 4.10. *Bar Chart* Pada Proyek Jalan Weleri-Semarang

#### 4.1.2.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Semarang-Demak

Proyek Jalan Semarang-Demak merupakan jalan yang mempunyai status jalan nasional, target dari penanganan jalan ini adalah sepanjang 20,110 km yang dimulai dari STA. 0+000 (KM SMG 1+000) Kaligawe Semarang sampai STA. 20+110 (KM SMG 21+110) Kota Demak. Nilai kontrak dari proyek adalah sebesar Rp. 128.567.800.000,00 dengan durasi 24 bulan kalender, dan sebagai pelaksana proyeknya adalah JAYA KONSTRUKSI-DUTA GRAHA JO. Proyek ini mulai dikerjakan pada tahun 2007 sampai 2009. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek jalan Semarang-Demak dapat dilihat pada gambar 4.11 di bawah ini :

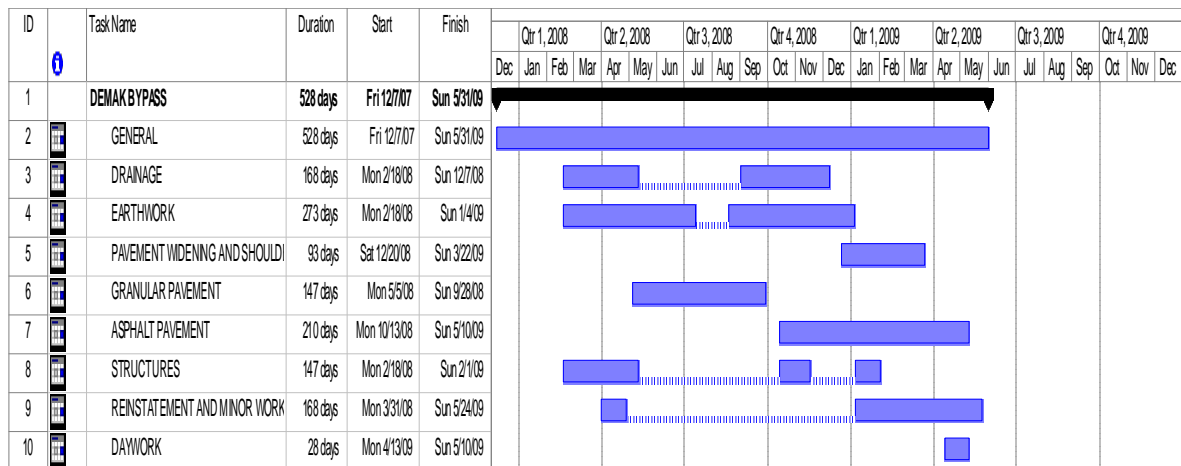




Gambar 4.11. *Bar Chart* Pada Proyek Jalan Semarang-Demak

#### 4.1.2.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Jalan Demak Bypass

Pekerjaan pembangunan jalan Demak *Bypass* terletak di kabupaten Demak dengan STA. awal di desa Jogoloyo (arah Semarang) dan STA. akhir di desa Mranak (arah Kudus). Panjang penanganan pekerjaan secara keseluruhan adalah 6,9 Km dengan nilai kontrak Rp. 40.769.527.599,46. Adapun durasi dari proyek ini adalah 18 bulan kalender dimulai pada tahun 2007 sampai tahun 2009 dengan pelaksana proyek PT. Lampiri Jaya Abadi – PT. Baita Sari, JO. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek Jalan Demak *Bypass* dapat dilihat pada gambar 4.12 di bawah ini :



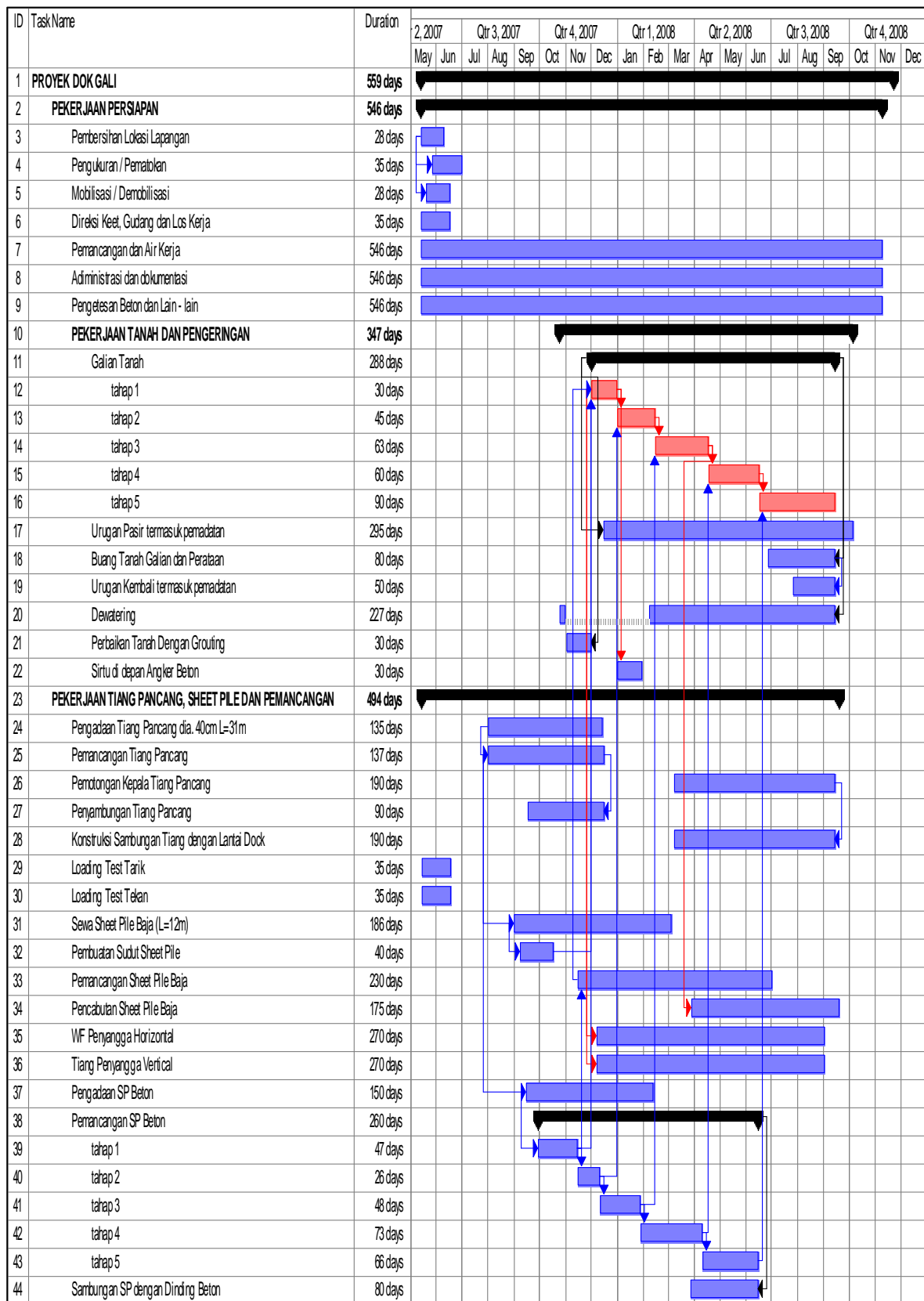
Gambar 4.12. Bar Chart Pada Proyek Jalan Demak Bypass

### 4.1.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Bangunan Air

#### 4.1.3.1. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek *Graving Dock*

Proyek *Graving Dock* terletak di Jl. Yos Sudarso, Tanjung Emas, Semarang dengan kontraktor PT. MODERN SURYA JAYA. Ukuran dari *Graving Dock* ini adalah (150x28x8,5) m dengan durasi pekerjaan proyek 19 bulan kalender yang dimulai pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2008. Nilai kontrak dari proyek ini adalah sebesar Rp. 30.368.855.000,00.

Lingkup pekerjaan dari proyek ini adalah pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah dan pengeringan, pekerjaan tiang pancang, *sheet pile* dan pemancangan, pekerjaan beton, pekerjaan lain-lain, pekerjaan penahan sementara ujung mulut *dock*, pekerjaan jalan, pekerjaan penahan tanah tepi laut, dan pekerjaan lampu penerangan. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*, dan yang berwarna merah adalah merupakan kegiatan kritis. Untuk jadwal kegiatan pada proyek *Graving Dock* dapat dilihat pada gambar 4.13 di bawah ini :

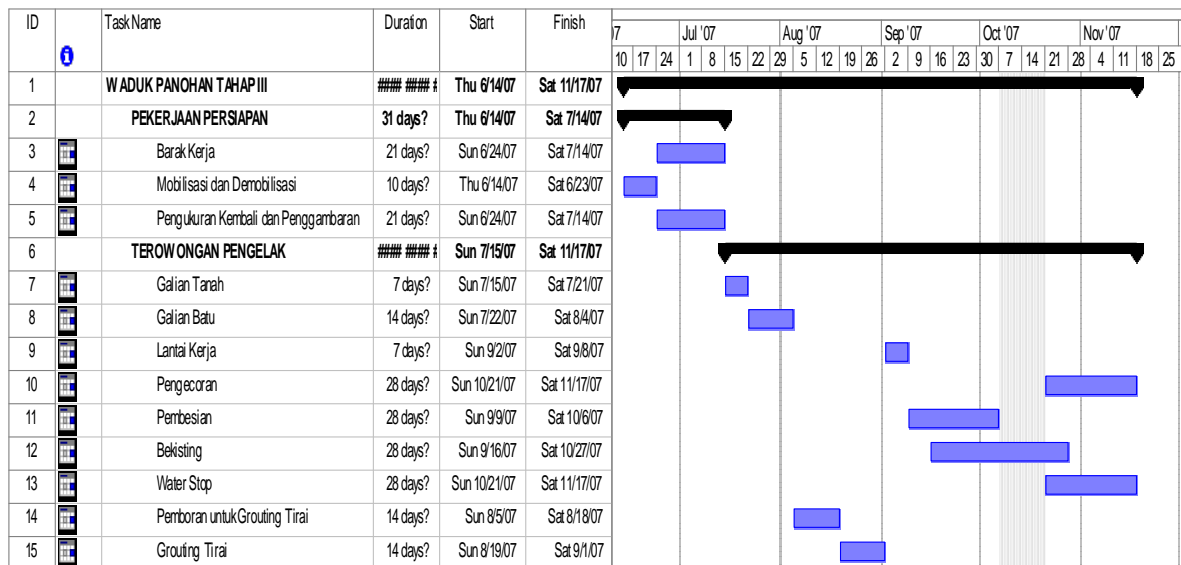


Gambar 4.13. *Linked Bar Chart* Pada Proyek *Graving Dock* (1/2)



#### 4.1.3.2. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Waduk Panohan Tahap III

Proyek Pembangunan Waduk Panohan Tahap III terletak di Desa Panohan, Kecamatan Gunem, Rembang, Jateng. Proyek ini dikerjakan oleh KSO PT. PP - PT. SUJAINCO pada tahun 2007 dengan durasi 6 bulan kalender. Nilai kontrak proyek ini adalah sebesar Rp. 21.085.032.000,00. Pada pelaksanaan proyek tahap III ini lingkup pekerjaannya, antara lain : pekerjaan persiapan dan terowongan pengelak. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Untuk jadwal kegiatan pada proyek Waduk Panohan Tahap III dapat dilihat pada gambar 4.14 di bawah ini :

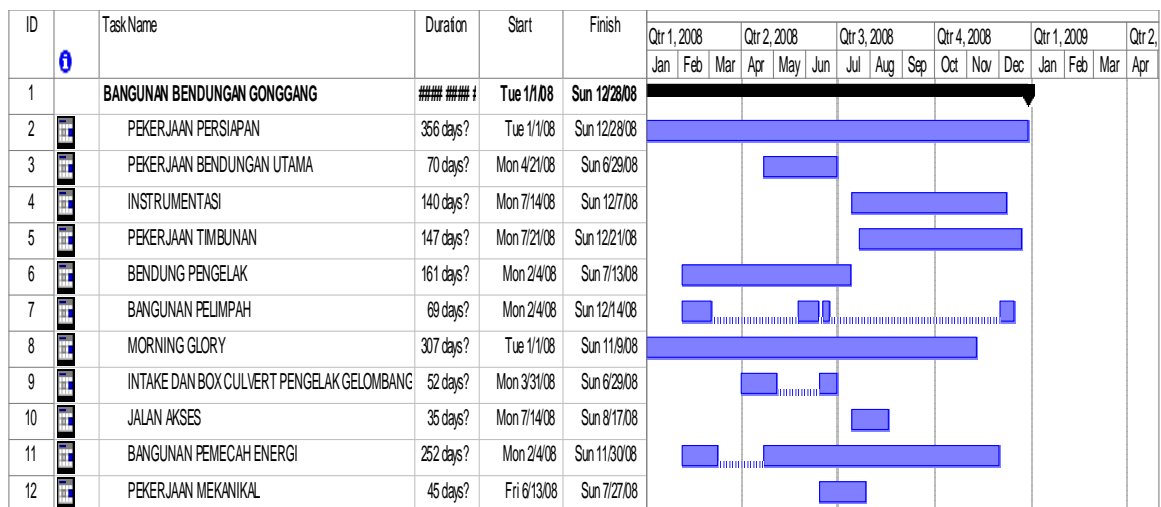


Gambar 4.14. *Bar Chart* Pada Proyek Waduk Panohan Tahap III

#### 4.1.3.3. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Bendungan Gonggang

Proyek Bendungan Gonggang terletak di aliran sungai Gonggang yang merupakan anak sungai kali Madiun dengan Daerah Tangkapan Air (DTA) seluas 12,657 Km<sup>2</sup> terletak di Dusun Ledok, Desa Janggan, Kecamatan Poncol, Kabupaten Magetan. Kontraktor proyek ini adalah PT. Wijaya Karya (Persero) dengan nilai kontrak Rp. 18.309.477.000,00 yang dikerjakan pada tahun 2008 dengan durasi 12 bulan kalender.

Lingkup pekerjaan Proyek Bendungan Gonggang, antara lain : pekerjaan persiapan, pekerjaan bendungan utama, instrumentasi, pekerjaan timbunan, bendung pengelak, bangunan pelimpah, *morning glory*, intake dan *box culver* pengelak gelombang, jalan akses, bangunan pemecah energi, dan pekerjaan mekanikal. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Adapun bagan balok yang terputus adalah merupakan kegiatan *splitable*. Untuk jadwal kegiatan pada proyek Bendungan Gonggang dapat dilihat pada gambar 4.15 di bawah ini :



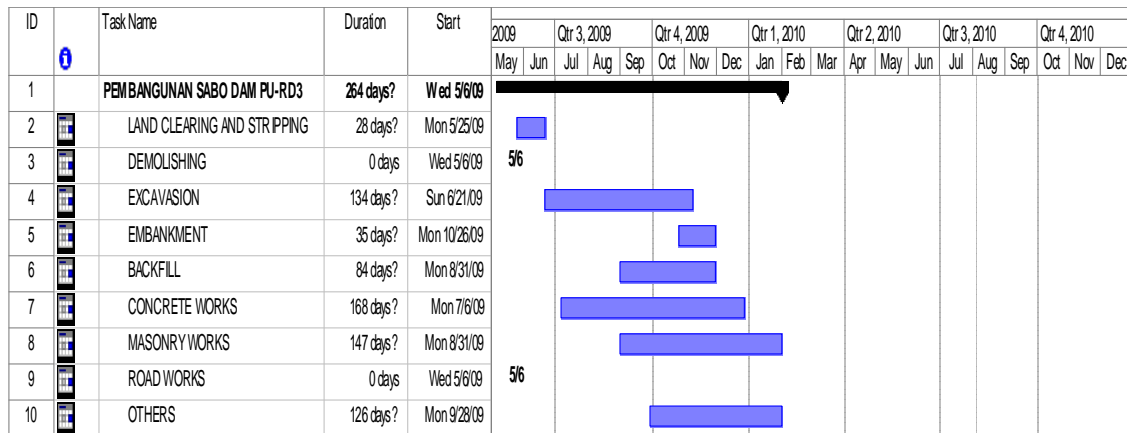
Gambar 4.15. Bar Chart Pada Proyek Bendungan Gonggang

#### 4.1.3.4. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Sabo DAM PU-RD3

Proyek Pembangunan Sabo Dam PU-RD3 terletak di Desa Srumbung, Kecamatan Srumbung, Magelang, Jawa Tengah. Nilai kontrak dari proyek ini sebesar Rp. 157.101.126.606,49 yang dikerjakan oleh Shimizu-Wijaya Karya JO. Durasi pelaksanaan proyek ini adalah 9 bulan kalender yang dikerjakan pada tahun 2009.

Secara garis besar lingkup pekerjaan proyek ini antara lain: pekerjaan pembersihan lahan dan *stripping*, *demolishing* (pembongkaran), pekerjaan galian, pekerjaan timbunan, *backfill*, pekerjaan pembetonan, pekerjaan pasangan batu kali, pekerjaan jalan, dan pekerjaan lain-lain. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah

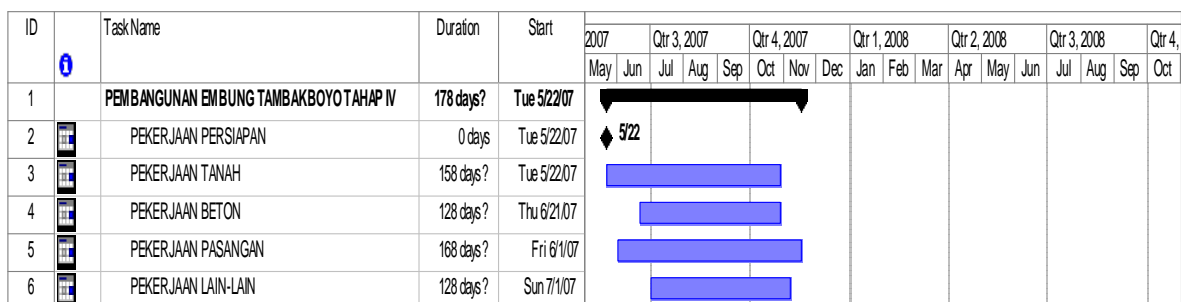
merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Untuk jadwal kegiatan pada proyek Sabo DAM PU RD-3 dapat dilihat pada gambar 4.16 di bawah ini :



Gambar 4.16. Bar Chart Pada Proyek Sabo DAM PU-RD3

#### 4.1.3.5. Data Metode Perencanaan dan Penjadwalan untuk Proyek Embung Tambakboyo Tahap V

Proyek Embung Tambakboyo Tahap V terletak di Kabupaten Sleman, Propinsi DIY. Proyek ini dikerjakan pada tahun 2007 dengan pelaksana PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. Durasi dari kegiatan proyek ini adalah 6 bulan kalender dengan nilai kontrak Rp. 17.632.249.137,00. Ruang lingkup pekerjaan proyek ini meliputi : pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, pekerjaan pasangan, dan pekerjaan lain-lain. Adapun data yang didapatkan adalah berupa metode *Bar Chart*, untuk menyederhanakan tampilan dalam penyajian data, dari data yang didapat tersebut kemudian dibuat ke dalam format *MS Project*. Untuk warna hitam adalah merupakan *heading* dari kumpulan item kegiatan di bawahnya. Sedangkan warna biru adalah merupakan kumpulan *sub heading* dari item kegiatan di atasnya. Untuk jadwal kegiatan pada proyek Embung Tambakboyo Tahap V dapat dilihat pada gambar 4.17 di bawah ini :



Gambar 4.17. Bar Chart Pada Proyek Embung Tambakboyo Tahap V

## 4.2. Tabulasi Data

Adapun tabulasi data metode perencanaan dan penjadwalan proyek dari 15 proyek konstruksi yang terdiri dari 5 proyek gedung, 5 proyek jalan, dan 5 proyek bangunan air yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Gedung :

No.	Tahun	Proyek	Nilai Kontrak	Durasi	Metode Penjadwalan
1	2009-2010	Teaching Hospital, terdiri dari :	Rp.137.160.429.000,00	17 bulan kalender	Linked Bar Chart, PDM
		Gedung A			
		Gedung B			
		Gedung C			
2	2007-2009	RSUD Kota Pekalongan	Rp. 54.998.200.000,00	18 bulan kalender	Bar Chart
3	2006-2009	Seasons City (Mall dan Apartment)	Rp. 577.082.000.000,00	39 bulan kalender	Bar Chart
4	2007-2008	Mangga Dua Hotel dan Residence	Rp. 52.500.000.000,00	14 bulan kalender	Bar Chart
5	2008-2009	The Lavande Apartment	Rp. 130.000.000.000,00	18 bulan kalender	Bar Chart

Tabel 4.3. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Jalan :

No.	Tahun	Proyek	Nilai Kontrak	Durasi	Metode Penjadwalan
1	2008-2009	Pembangunan Jalan Pati-Rembang-Bulu	Rp. 30.763.904.994,00	14 bulan kalender	Bar Chart
2	2008-2009	Pembangunan Jalan dan Jembatan Trengguli-Kudus-Pati	Rp. 123.240.123.600,00	19 bulan kalender	Bar Chart
3	2006	Pembangunan Jalan Weleri-Semarang	Rp. 12.000.000.000,00	7 bulan kalender	Bar Chart
4	2007-2009	Pembangunan Jalan Semarang-Demak	Rp. 128.567.800.000,00	24 bulan kalender	Bar Chart
5	2007-2009	Demak Bypass	Rp. 40.769.527.599,46	18 bulan kalender	Bar Chart

Tabel 4.4. Data Metode Penjadwalan Pada Proyek Bangunan Air :

No.	Tahun	Proyek	Nilai Kontrak	Durasi	Metode Penjadwalan
1	2007-2008	Graving Dock	Rp. 30.368.855.000,00	19 bulan kalender	Linked Bar Chart, PDM
2	2007	Waduk Panohan tahap III	Rp. 54.998.200.000,00	6 bulan kalender	Bar Chart
3	2008	Bendungan Gonggang	Rp. 18.309.477.000,00	12 bulan kalender	Bar Chart
4	2009	Sabo DAM PU-RD3	Rp. 157.101.126.606,49	9 bulan kalender	Bar Chart
5	2007	Embung Tambakboyo tahap V	Rp. 17.632.249.137,00	6 bulan kalender	Bar Chart

Dari tabulasi data penjadwalan di atas dapat dilihat bahwa metode *Bar Chart* masih sangat populer dan digunakan secara luas untuk perencanaan dan penjadwalan proyek-proyek konstruksi, baik proyek konstruksi gedung, jalan, dan bangunan air. Hanya sebagian kecil saja pada studi kasus di atas yang menggunakan metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang lain, yaitu *Linked Bar Chart*, PDM.

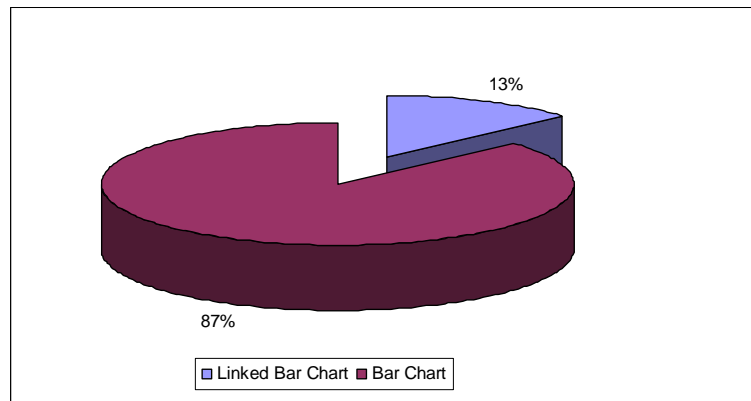


## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1. Hasil Analisa Data

Dari 15 proyek yang dijadikan studi kasus pada bab sebelumnya, yang terdiri dari 5 proyek bangunan gedung, 5 proyek jalan, dan 5 proyek bangunan air, hanya 2 proyek (13%) yang menggunakan metode PDM, dan yang lainnya 13 proyek (87%) menggunakan metode *Bar Chart*. Hal itu dapat dilihat pada grafik 5.1 di bawah ini.



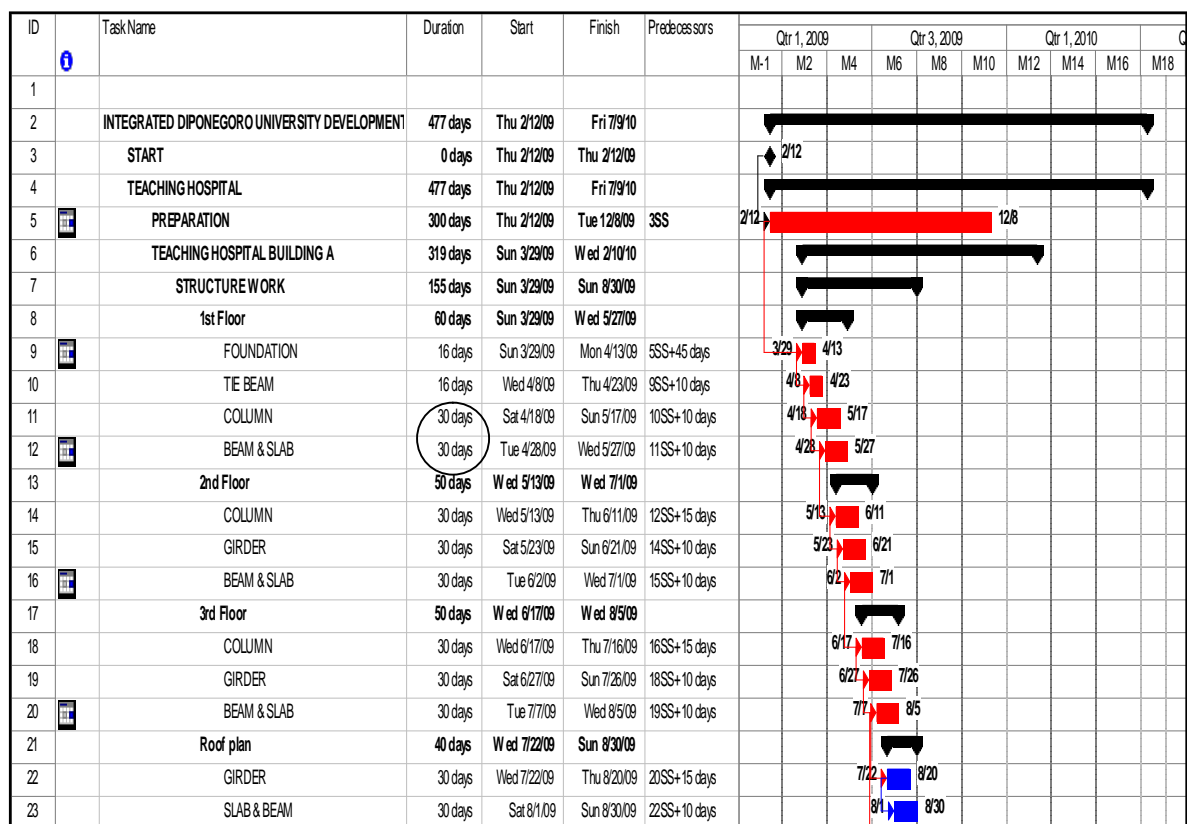
Gambar 5.1. Grafik Persentase Penggunaan Metode *Bar Chart*

Oleh karena itu, untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan, serta perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang meliputi metode *Bar Chart*, CPM, PDM, PERT, LoB, dan *Time Chainage Diagram* akan diambil 3 sampel proyek yang terdiri dari: 1 proyek bangunan gedung, 1 proyek jalan, dan 1 proyek bangunan air. Dari data yang ada, yaitu metode *Bar Chart* atau *Linked Bar Chart* akan diubah ke dalam metode CPM, PDM, PERT, LoB, dan *Time Chainage Diagram*.

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan data yang ada, kemudian dilakukan elaborasi dan perbandingan baik dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, lintasan kritis, hambatan/gangguan pada aktifitas kegiatan, maupun dari segi *main features*. Dari hasil analisis tersebut, kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek dapat diketahui. Adapun yang akan dijadikan sebagai sampel pada analisis ini adalah proyek *Teaching Hospital* Gedung A, proyek *Jalan Demak Bypass*, dan proyek *Graving Dock*.

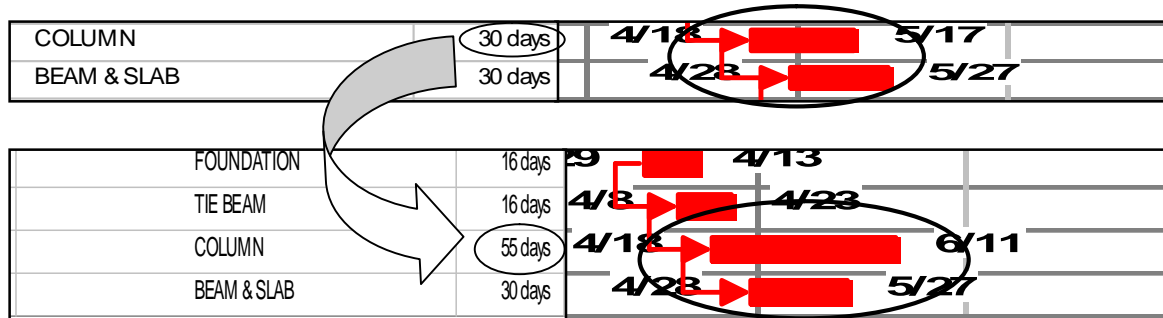
### 5.1.1. Analisa Hubungan Logika Ketergantungan Pada Proyek *Teaching Hospital Gedung A*

Data awal yang diperoleh dari proyek *Teaching Hospital Gedung A* ini adalah berupa metode *Linked Bar Chart*, yang merupakan hasil dari metode PDM dengan menggunakan bantuan *Software Microsof Project*. Dari data metode penjadwalan tersebut terlihat bahwa hubungan logika ketergantungan yang digunakan antara satu item kegiatan dengan item kegiatan yang lain banyak menggunakan hubungan SS (*Start to Start*) daripada 3 hubungan logika ketergantungan yang lain yaitu; SF (*Start to Finish*), FS (*Finish to Start*), FF (*Finish to Finish*). Lihat Gambar 5.2 di bawah ini:



Gambar 5.2. *Linked Bar Chart Teaching Hospital Gedung A*

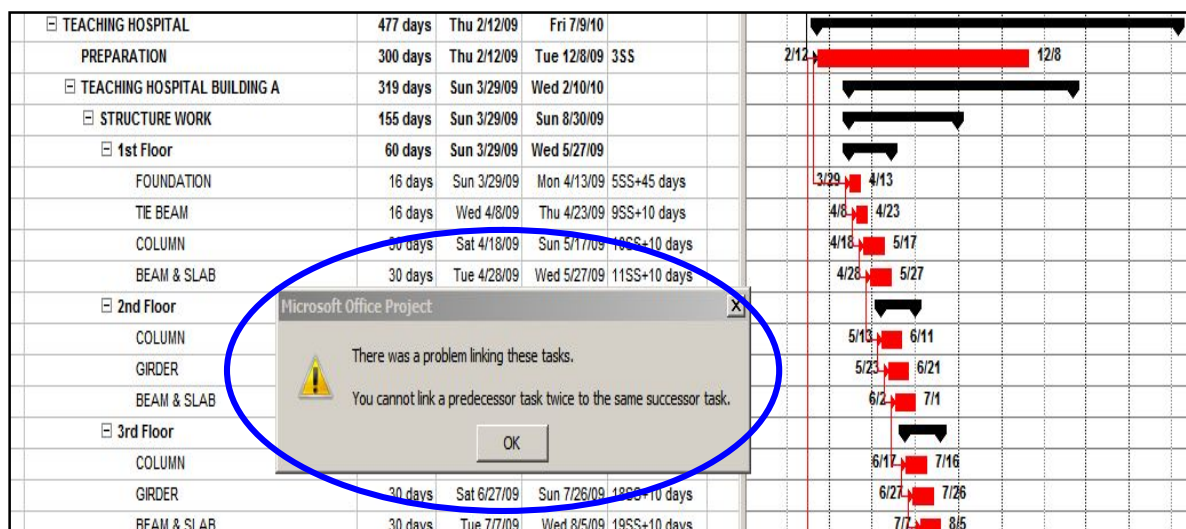
Hubungan logika ketergantungan SS ini memiliki kelemahan apabila tidak ada hubungan logika ketergantungan pengunci di akhir item kegiatan tersebut. Karena ada potensi keterlambatan yang tidak dapat terdeteksi oleh hubungan logika ketergantungan SS ini. Misalnya pada pekerjaan *Column* dan *Beam & Slab* pada lantai satu yang sama-sama memiliki durasi 30 hari dengan hubungan logika ketergantungan SS+10 hari. Lihat gambar 5.2. *Linked Bar Chart Column, Beam & Slab Lantai 1*.



Gambar 5.3. Efek Perubahan Durasi *Linked Bar Chart Column, Beam & Slab* Lantai 1 Dengan Hubungan SS

Apabila terjadi keterlambatan pada pekerjaan *Column* lantai 1, misalnya dari 30 hari menjadi 55 hari, maka hubungan logika ketergantungan antara *Column* dan *Beam & Slab* menjadi tidak logis (lihat gambar 5.3), karena pekerjaan *Beam & Slab* dapat selesai lebih dulu sebelum pekerjaan *Column* selesai. Atau dengan kata lain, efek keterlambatan pada pekerjaan *Column* tidak dapat terdeteksi secara langsung oleh jadwal. Hal ini disebabkan karena tidak ada hubungan logika ketergantungan pengunci di akhir item pekerjaan *Column* dengan *Beam. & Slab*.

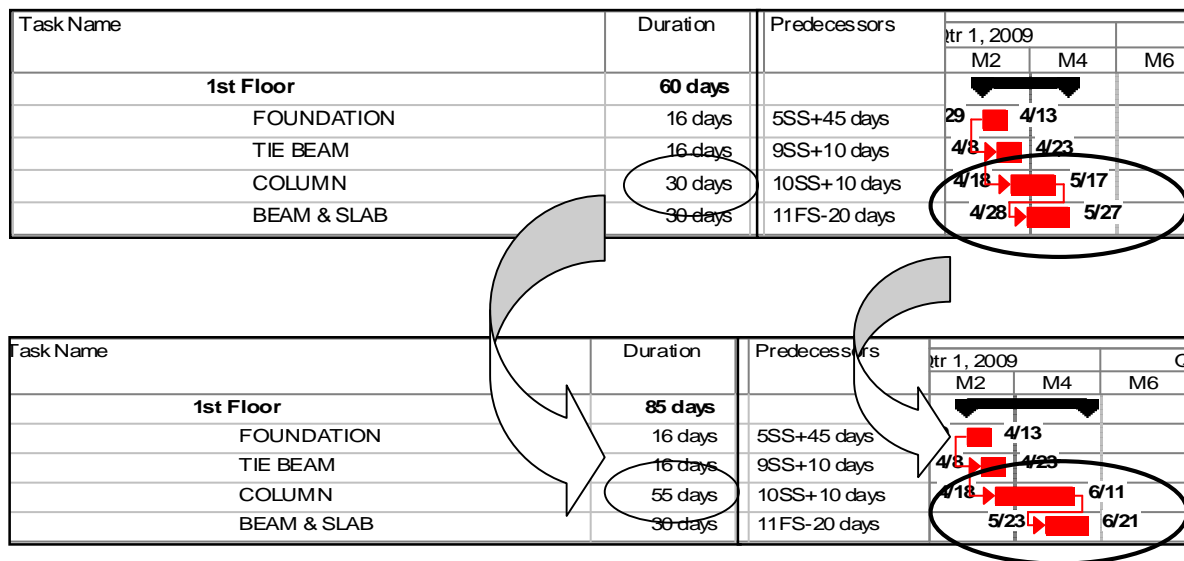
Selain itu, ada kelemahan lain di dalam paket *software* ini, di mana tidak boleh ada 2 hubungan logika ketergantungan antara *predecessor* (pekerjaan yang mendahului) dan *successor* (pekerjaan yang mengikuti) pada item pekerjaan yang sama. Misalnya tidak boleh ada hubungan SS dan FF sekaligus antara pekerjaan *Column* dan *Beam & Slab*. Sehingga apabila terjadi keterlambatan tidak dapat terdeteksi secara langsung. Kelemahan tersebut dapat dilihat pada pesan yang ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.4. Kelemahan Paket *Software MS Project*

Isi dari pesan yang ditampilkan tersebut adalah “*There was a problem linking these task. You cannot link a predecessor task twice to the same successor task*”.

Oleh karena itu, akan lebih baik apabila menggunakan hubungan logika ketergantungan FS daripada SS. Karena dengan FS efek dari keterlambatan kegiatan yang mendahului akan langsung dapat terdeteksi oleh kegiatan yang mengikutinya. Lihat ilustrasi di bawah ini



Gambar 5.5. Efek Perubahan Durasi *Linked Bar Chart Column, Beam & Slab* Lantai 1 Dengan Hubungan FS

Dari gambar 5.5 di atas dapat dilihat bahwasannya, hubungan logika ketergantungan FS memperlihatkan hasil yang lebih baik daripada hubungan logika ketergantungan SS (lihat gambar 5.3). Di mana efek dari keterlambatan pada item kegiatan yang mendahului dapat terdeteksi secara langsung oleh kegiatan yang mengikutinya. Sebagaimana ilustrasi di atas pekerjaan *Beam & Slab* juga akan ikut terlambat ketika pekerjaan *Column* terlambat. Oleh karena itu, agar efek dari keterlambatan dapat terdeteksi secara langsung maka lebih baik apabila menggunakan hubungan logika ketergantungan FS daripada SS.

### **5.1.2. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan *Bar Chart***

Proses penyusunan diagram pertama kali adalah dengan membuat daftar seluruh item kegiatan yang ada (*List of Activity*) dalam rencana pelaksanaan proyek tersebut. Kemudian membuat WBS (*Work Breakdown Structure*). Selanjutnya adalah membuat urutan pekerjaan, disusun berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, tanpa mengenyampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan. Kemudian memperkirakan waktu pelaksanaan proyek tersebut. Adapun *Bar Chart* yang akan disajikan adalah berasal dari proyek *Teaching Hospital* Gedung A, Jalan Demak Bypass, dan *Graving Dock*.

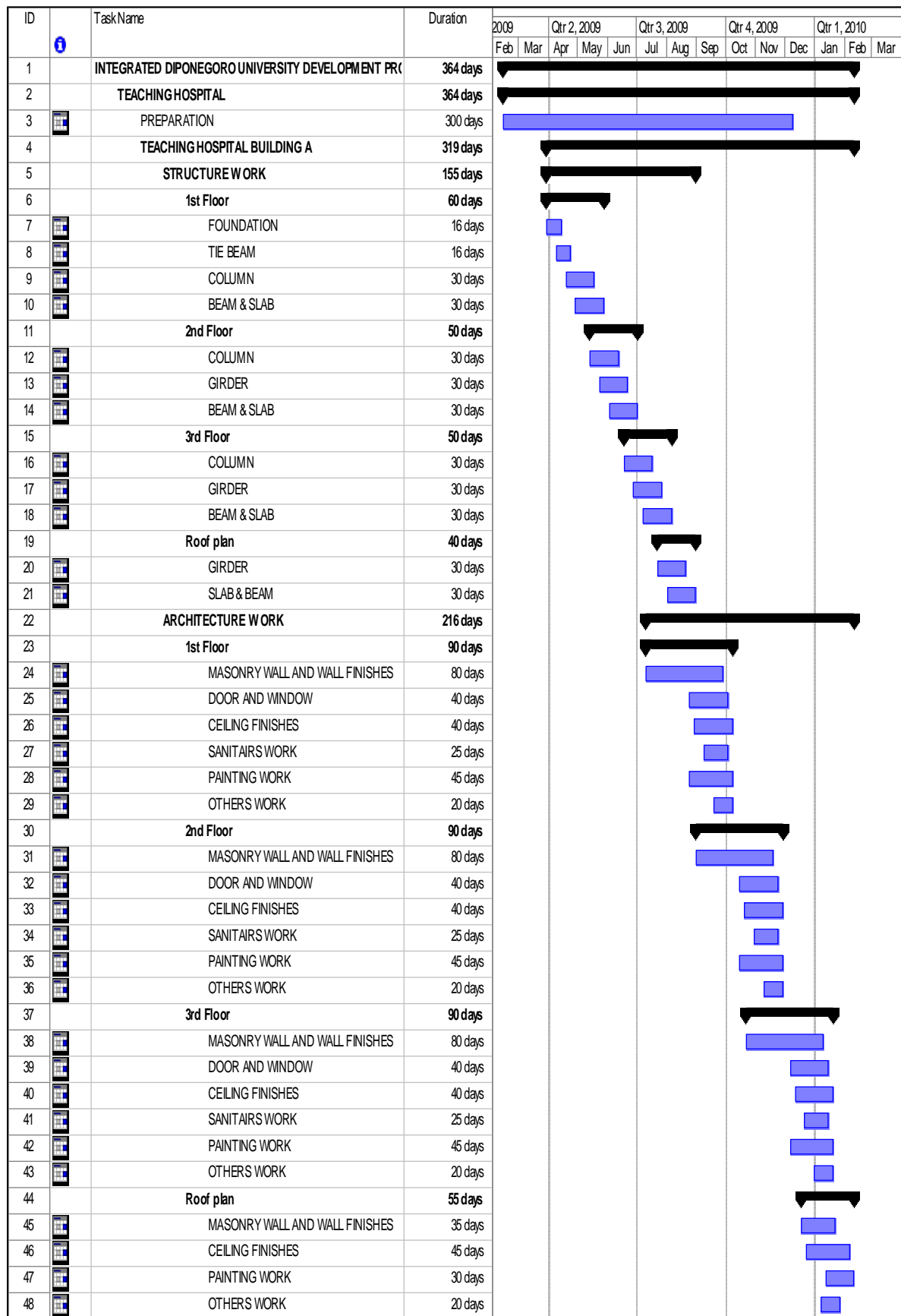
#### **5.1.2.1. *Bar Chart* Proyek *Teaching Hospital* Gedung A**

Agar tidak ada item kegiatan yang tercecer maka dibuatlah *List of Activity* (daftar item kegiatan), item kegiatan yang ada pada proyek gedung *Teaching Hospital* A ini dikelompokkan ke dalam 3 *Heading* utama, yaitu *Preparation*, *Structure Work*, dan *Architecture Work*. Kemudian item kegiatan *Structure Work*, dan *Architecture Work* masing-masing dibagi ke dalam 4 *Sub Heading*, yaitu *1st Floor*, *2nd Floor*, *3rd Floor*, dan *Roof Plan*. Kemudian dari tiap lantai tersebut item kegiatannya di *Breakdown* lagi. Untuk lebih jelasnya daftar item kegiatan pada proyek gedung *Teaching Hospital* Gedung A, dan WBS (*Work Breakdown Structure*) sekaligus perkiraan durasi dari masing-masing item kegiatan ditunjukkan pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1. *List of Activity dan Durasi Pada Proyek Teaching Hospital Gedung A*

ID	JENIS PEKERJAAN	DURASI (days)
<b>I</b>	<b>PREPARATION</b>	300
<b>II</b>	<b>STRUCTURE WORK</b>	
<b>2.1</b>	<b>1st Floor</b>	
2.1.1	FOUNDATION	16
2.1.2	TIE BEAM	16
2.1.3	COLUMN	30
2.1.4	BEAM & SLAB	30
<b>2.2</b>	<b>2nd Floor</b>	
2.2.1	COLUMN	30
2.2.2	GIRDER	30
2.2.3	BEAM & SLAB	30
<b>2.3</b>	<b>3rd Floor</b>	
2.3.1	COLUMN	30
2.3.2	GIRDER	30
2.3.3	BEAM & SLAB	30
<b>2.4</b>	<b>Roof plan</b>	
2.4.1	GIRDER	30
2.4.2	SLAB & BEAM	30
<b>III</b>	<b>ARCHITECTURE WORK</b>	
<b>3.1</b>	<b>1st Floor</b>	
3.1.1	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	80
3.1.2	DOOR AND WINDOW	40
3.1.3	CEILING FINISHES	40
3.1.4	SANITAIRS WORK	25
3.1.5	PAINTING WORK	45
3.1.6	OTHERS WORK	20
<b>3.2</b>	<b>2nd Floor</b>	
3.2.1	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	80
3.2.2	DOOR AND WINDOW	40
3.2.3	CEILING FINISHES	40
3.2.4	SANITAIRS WORK	25
3.2.5	PAINTING WORK	45
3.2.6	OTHERS WORK	20
<b>3.3</b>	<b>3rd Floor</b>	
3.3.1	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	80
3.3.2	DOOR AND WINDOW	40
3.3.3	CEILING FINISHES	40
3.3.4	SANITAIRS WORK	25
3.3.5	PAINTING WORK	45
3.3.6	OTHERS WORK	20
<b>3.4</b>	<b>Roof plan</b>	
3.4.1	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	35
3.4.2	CEILING FINISHES	45
3.4.3	PAINTING WORK	30
3.4.4	OTHERS WORK	20

Terlihat dari tabel 5.1 di atas ada beberapa item kegiatan yang berulang pada tiap lantainya, baik pada *Structure Work* maupun pada *Architecture Work*. Item kegiatan yang berulang pada *Structure Work* adalah *Column*, *Girder*, *Beam & Slab*. Sedangkan pada *Architecture Work* item kegiatan yang berulang adalah *Masonry Wall and Wall Finishes*, *Door & Window*, *Ceiling Finishes*, *Sanitairs Work*, *Painting Work*, dan *Others Work*. Adapun *Bar Chart* dari Proyek *Teaching Hospital Gedung A* adalah sebagai berikut:



Gambar 5.6. Bar Chart Proyek Teaching Hospital Gedung A

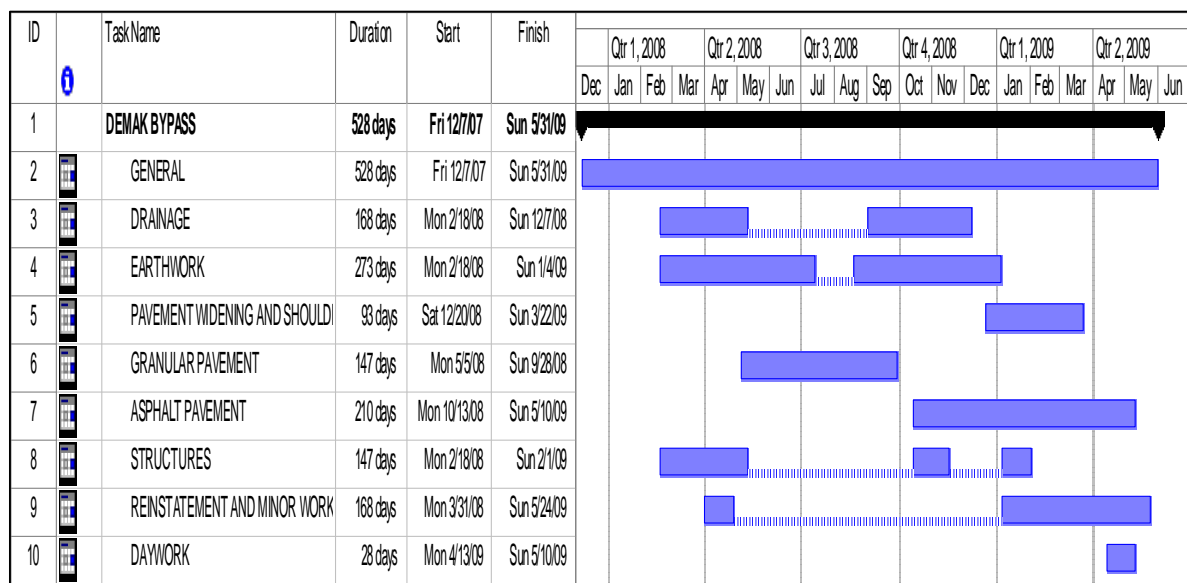
### 5.1.2.2. Bar Chart Proyek Jalan Demak Bypass

Item kegiatan pada proyek Jalan Demak Bypass ini terbagi ke dalam 9 *Heading* Utama, yaitu *General, Drainage, Earthwork, Pavement Widening and Shoulder, Granular Pavement, Asphalt Pavement, Structures, Reinstatement and Minor Work, Daywork*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2. *List of Activity dan Durasi Pada Proyek Jalan Demak Bypass*

ID	JENIS PEKERJAAN	DURASI (days)
I	GENERAL	528
II	DRAINAGE	168
III	EARTHWORK	273
IV	PAVEMENT WIDENING AND SHOULDER	93
V	GRANULAR PAVEMENT	147
VI	ASPHALT PAVEMENT	210
VII	STRUCTURES	147
VIII	REINSTATEMENT AND MINOR WORK	168
IX	DAYWORK	28

Sedangkan *Bar Chart* dari proyek Jalan Demak Bypass diperlihatkan pada gambar 5.7 di bawah ini



Gambar 5.7. *Bar Chart* Proyek Jalan Demak Bypass



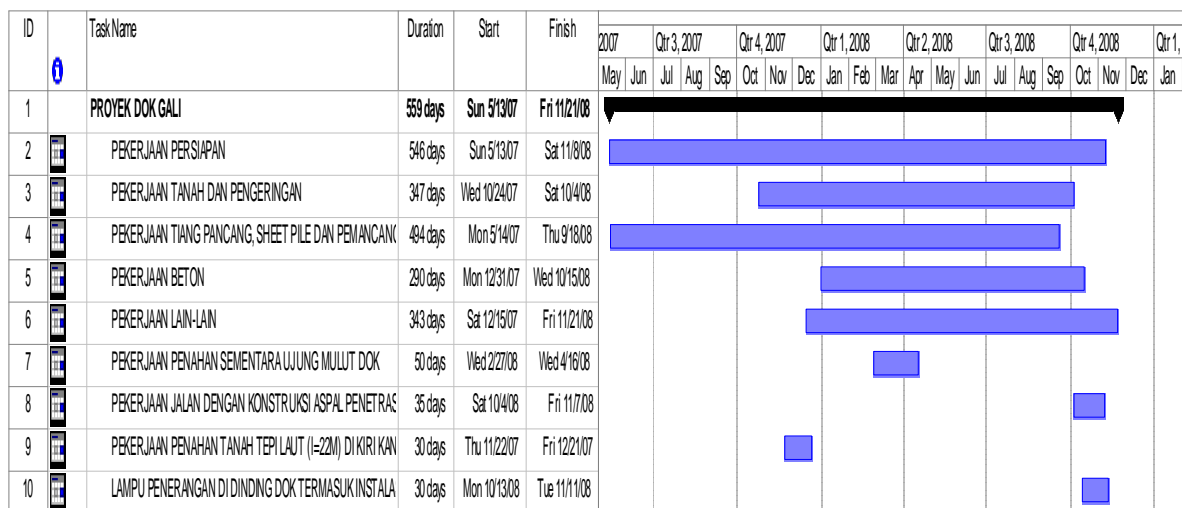
### 5.1.2.3. Bar Chart Proyek Graving Dock

Item kegiatan pada proyek *Graving Dock* terbagi ke dalam 9 *Heading* Utama, yaitu: Pekerjaan Persiapan, Pekerjaan Tanah dan Pengeringan, Pekerjaan Tiang Pancang, *Sheet Pile* dan Pemancangan, Pekerjaan Beton, Pekerjaan Lain-lain, Pekerjaan Penahan Sementara Ujung Mulut Dok, Pekerjaan Jalan dengan Konstruksi Aspal, Pekerjaan Penahan Tanah Tepi Laut, Lampu Penerangan di Dinding Dok. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3. *List of Activity dan Durasi Pada Proyek Graving Dock*

ID	JENIS PEKERJAAN	DURASI (days)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	546
II	PEKERJAAN TANAH DAN PENGERINGAN	347
III	PEKERJAAN TIANG PANCANG, SHEET PILE DAN PEMANCANGAN	494
IV	PEKERJAAN BETON	290
V	PEKERJAAN LAIN-LAIN	343
VI	PEKERJAAN PENAHAN SEMENTARA UJUNG MULUT DOK	50
VII	PEKERJAAN JALAN DENGAN KONSTRUKSI ASPAL PENETRASI SELEBAR 6M KELILING TEPI DOK DAN TEPI LAUT	35
VII	PEKERJAAN PENAHAN TANAH TEPI LAUT (l=22M) DI KIRI KANAN MULUT DOK	30
IX	LAMPU PENERANGAN DI DINDING DOK TERMASUK INSTALASI DAN PANEL PENERANGAN	30

Sedangkan *Bar Chart* dari proyek *Graving Dock* diperlihatkan pada gambar 5.8 di Bawah ini.



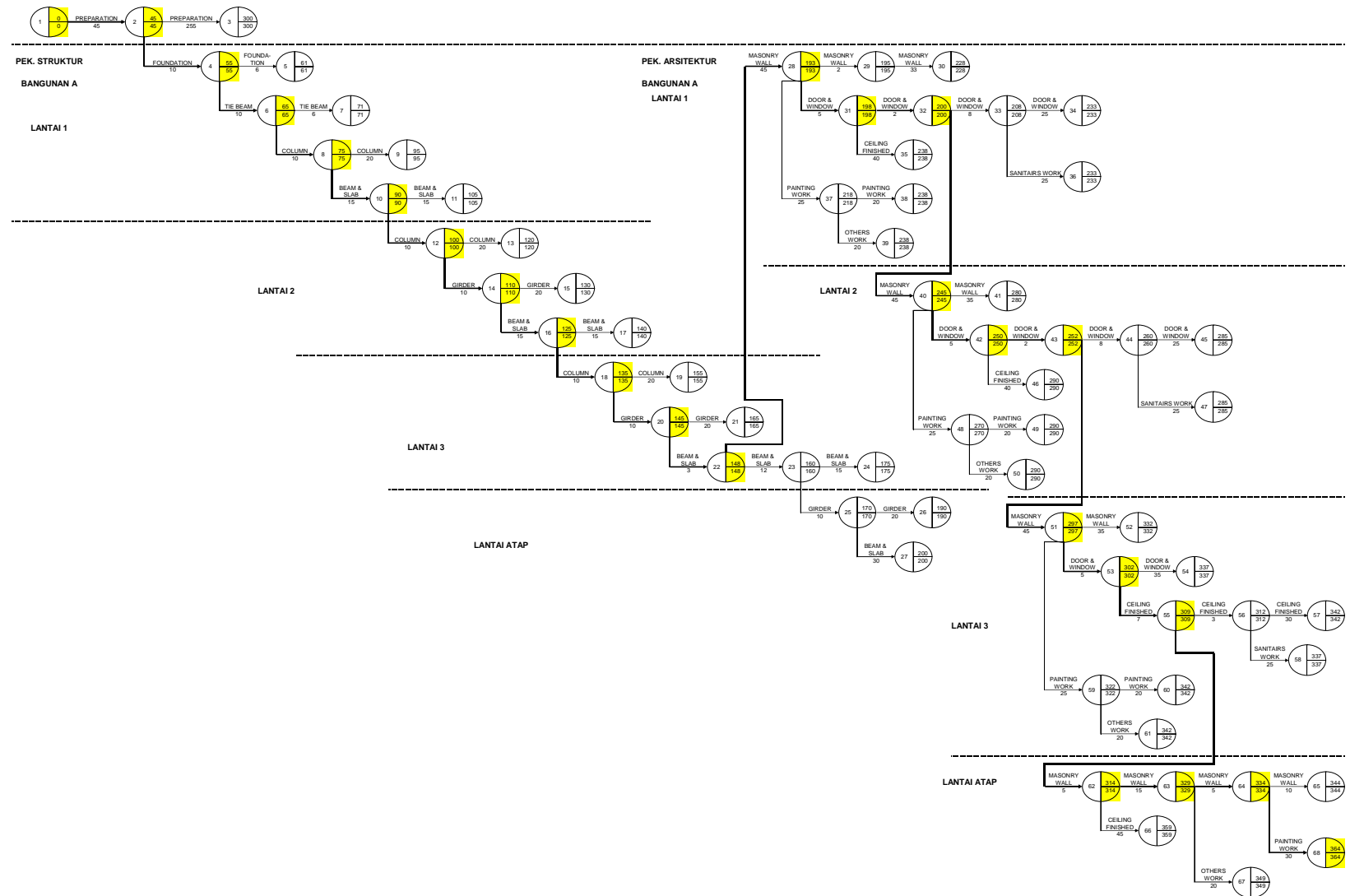
Gambar 5.8. *Bar Chart* Proyek Graving Dock

### 5.1.3. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan CPM

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, CPM dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatannya sekaligus mendeskripsikan hubungan logika ketergantungannya dan *node*-nya (biasanya berbentuk lingkaran atau segi empat) menggambarkan peristiwanya. Kemudian menggunakan perhitungan maju untuk memperoleh waktu mulai paling awal dengan mengambil nilai maksimumnya, serta perhitungan mundur untuk memperoleh waktu selesai paling lambat dengan mengambil nilai minimumnya. Adapun karakteristik dari CPM ini adalah menggunakan metode lintasan kritis (*Critical Path Method*) yaitu lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang dan ditandai dengan *Total Float* (TF) = 0 atau  $TF = LET(j) - EET(j) = LET(i) - EET(i)$ . *Float* adalah batas toleransi keterlambatan atau waktu tenggang dari suatu kegiatan. Aturan dasar dari CPM adalah suatu kegiatan boleh dimulai apabila pekerjaan terdahulu (*predecessor*) telah selesai atau dengan kata lain hanya memiliki satu hubungan logika ketergantungan FS (*Finish to Start*) saja. Adapun CPM yang akan disajikan adalah berasal dari proyek *Teaching Hospital* Gedung A, Jalan Demak Bypass, dan *Graving Dock*.

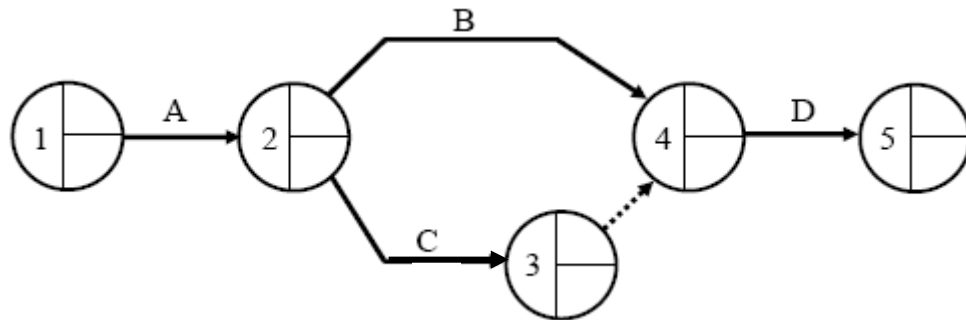
#### 5.1.3.1. CPM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

CPM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A adalah hasil transfer dari *Bar Chart*, terlihat dari diagram CPM tersebut tampak tidak seperti diagram *network* pada umumnya karena masih banyak node yang terputus *link*-nya atau tidak tertutup pada satu titik. Adapun CPM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A hasil transfer dari *Bar Chart* adalah sebagai berikut (lihat gambar 5.9):



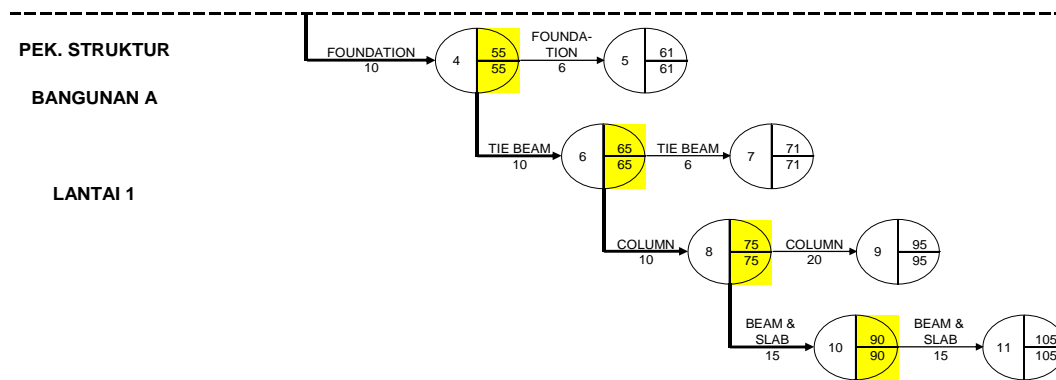
Gambar 5.9. CPM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

Gambar 5.9 menunjukkan diagram CPM hasil transfer dari *Bar Chart*, terlihat dari diagram CPM tersebut tampak tidak seperti diagram *network* karena diagram CPM pada gambar 5.9 tersebut tidak tertutup, di mana terdapat aturan bahwa diagram *network* itu dimulai dari satu titik dan berakhir pada satu titik.



Gambar 5.10. Diagram *Network*

Pada gambar 5.9 tersebut banyak terdapat item kegiatan yang terbuka pada bagian akhirnya, atau tidak terhubung/terputus *link*-nya dengan kegiatan yang lain. Misalnya item kegiatan *foundation*, *tie beam*, *column*, dan *beam & slab* pada pekerjaan struktur lantai 1, dan masih banyak yang lainnya. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dari diagram yang ada agar memenuhi syarat sebagai diagram *network* dengan memberikan *dummy* pada item kegiatan yang terbuka tersebut.

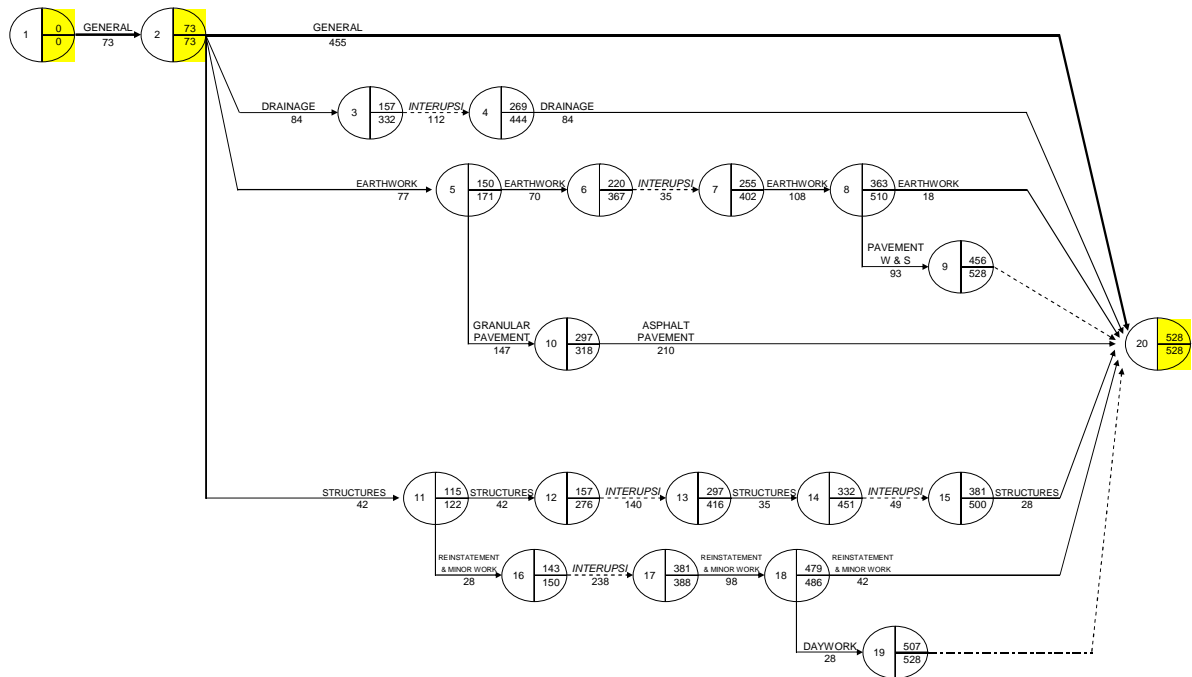


Gambar 5.11. Contoh Item Kegiatan Pada CPM Yang Terputus *Link*-nya

Lintasan kritis kegiatan pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A ditandai dengan anak panah tebal dan warna kuning pada *node*-nya (lihat gambar 5.12), yaitu rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22-27-29-30-38-39-40-48-49-51-56-57-58-60 dengan total waktu penyelesaian proyek 364 hari. Adapun diagram CPM yang telah diperbaiki adalah sebagai berikut :



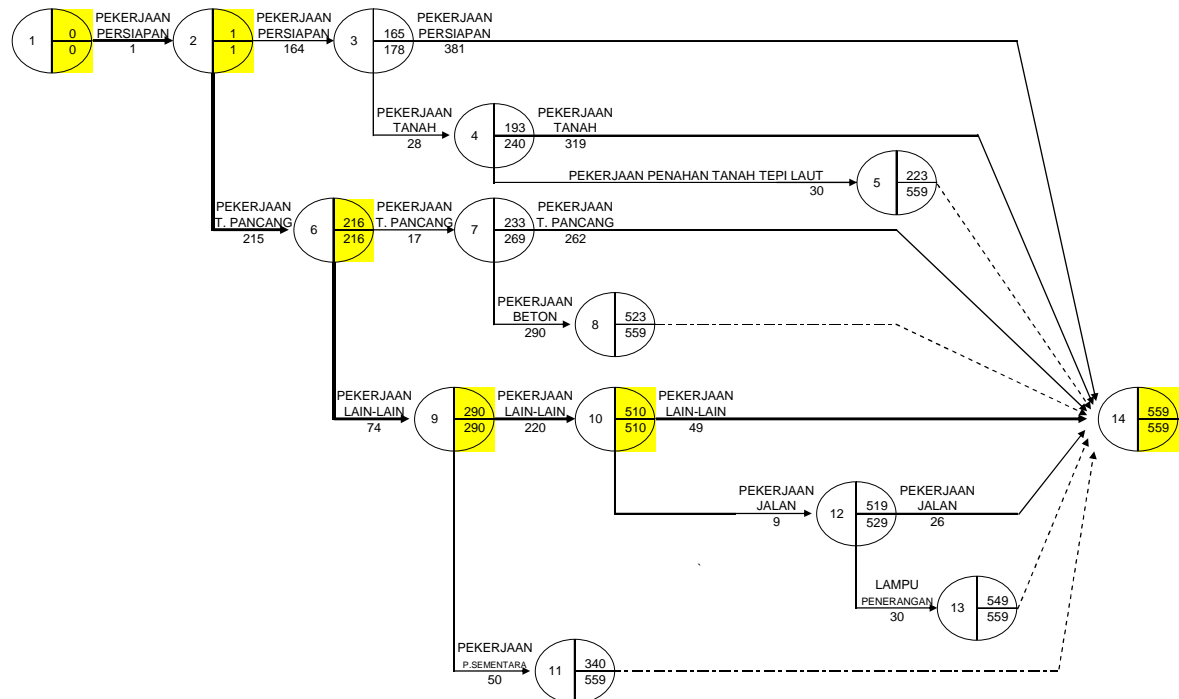
### 5.1.3.2.CPM Proyek Jalan Demak *Bypass*



Gambar 5.13. CPM Proyek Jalan Demak *Bypass*

Dari gambar 5.13 di atas terlihat adanya lintasan kritis kegiatan yang ditandai dengan anak panah tebal dan warna kuning pada *node*-nya, yaitu rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-20. Kegiatan kritis tersebut adalah pada item kegiatan *general* dengan total waktu penyelesaian proyek 528 hari.

### 5.1.3.3. CPM Proyek *Graving Dock*



Gambar 5.14. CPM Proyek *Graving Dock*

Dari gambar 5.14 di atas terlihat adanya lintasan kritis kegiatan yang ditandai dengan anak panah tebal dan warna kuning pada *node*-nya, yaitu rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-6-9-10-14. Kegiatan kritis tersebut adalah pada pekerjaan persiapan pada jalur 1-2, pekerjaan tiang pancang pada jalur 2-6, dan pekerjaan lain-lain pada jalur 6-9-10-14 dengan total waktu penyelesaian proyek 559 hari.

#### 5.1.4. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan PDM

PDM biasanya dituliskan dalam *node* yang pada umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Adapun perhitungan maju dan mundurnya pada prinsipnya mempunyai kesamaan dengan CPM. PDM adalah bentuk perkembangan dari metode perhitungan CPM, sehingga kelebihan-kelebihan yang ada pada CPM juga ada di PDM. Perbedaannya dengan CPM adalah: CPM hanya memiliki hubungan FS (*Finish to Start*) saja, sedangkan PDM memiliki empat hubungan logika ketergantungan antar kegiatan atau empat konstrain, yaitu FS (*Finish to Start*), SS (*Start to Start*), SF (*Start to Finish*), dan FF (*Finish to Finish*). Adapun PDM yang akan disajikan adalah berasal dari proyek *Teaching Hospital Gedung A, Jalan Demak Bypass, dan Graving Dock*.

ES	JENIS KEGIATAN	EF
LS		LF
NO. KEG.		DURASI

Keterangan :

ES : *Earliest Start*

LS : *Latest Start*

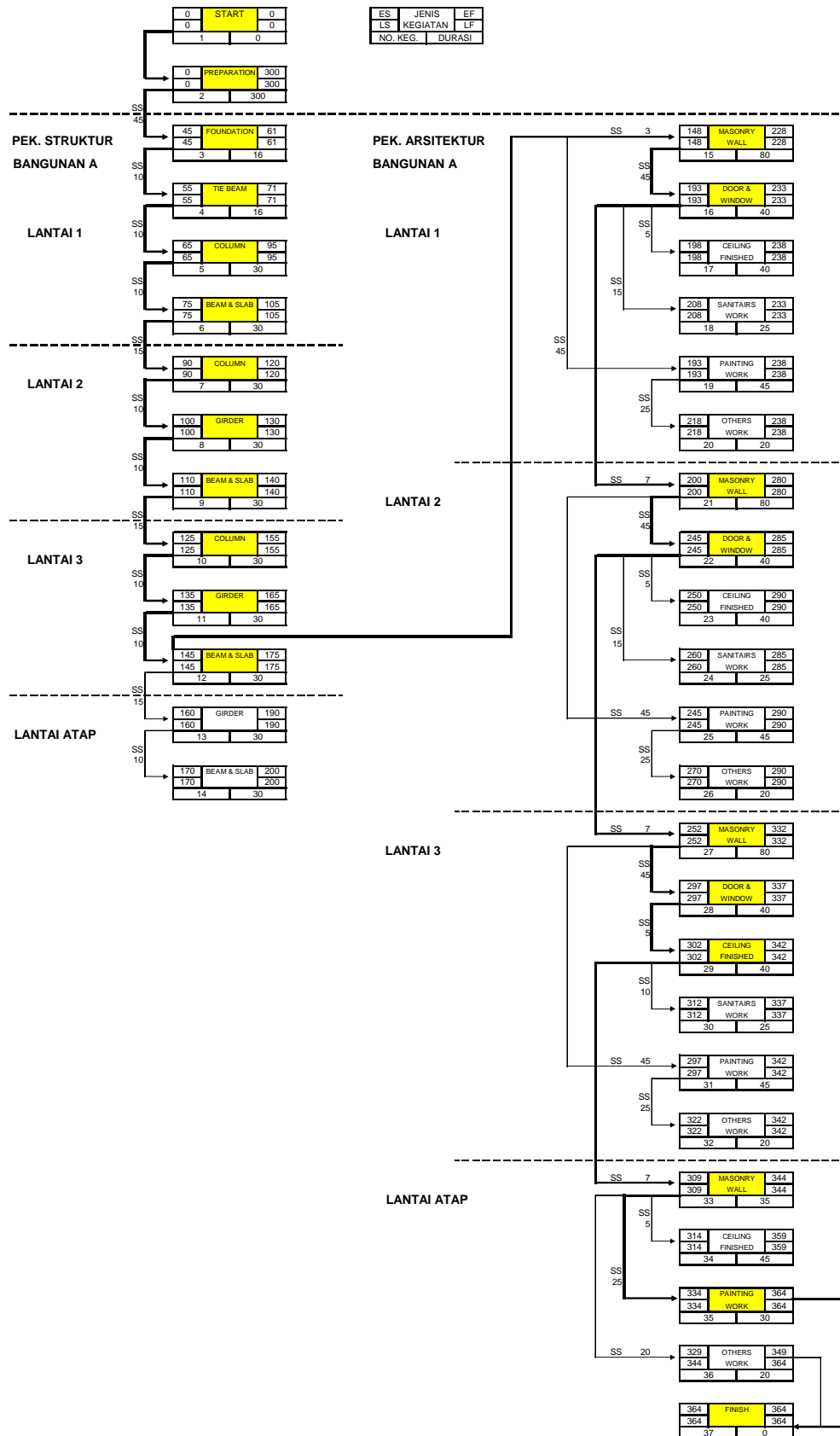
EF : *Earliest Finish*

LF : *Latest Finish*

Gambar 5.15. Lambang PDM

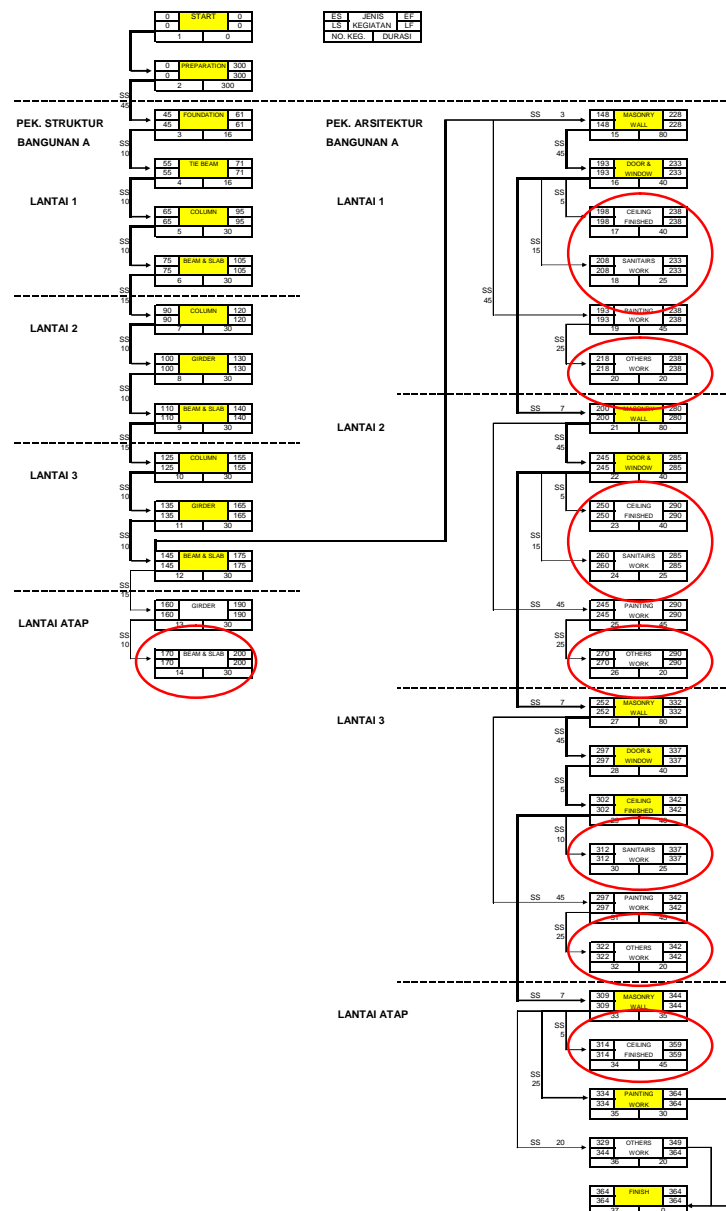


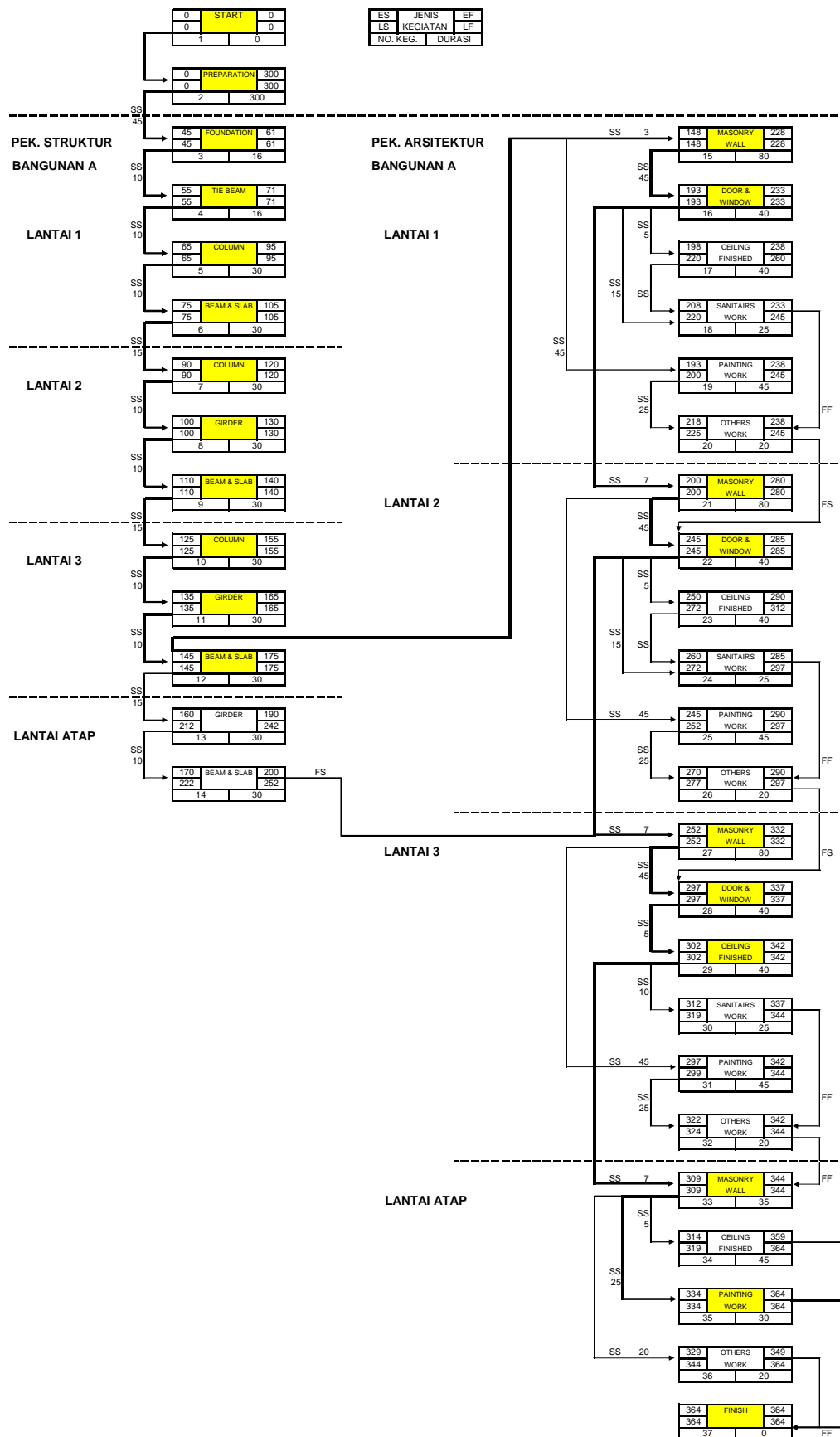
### 5.1.4.1. PDM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A



Gambar 5.16. PDM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

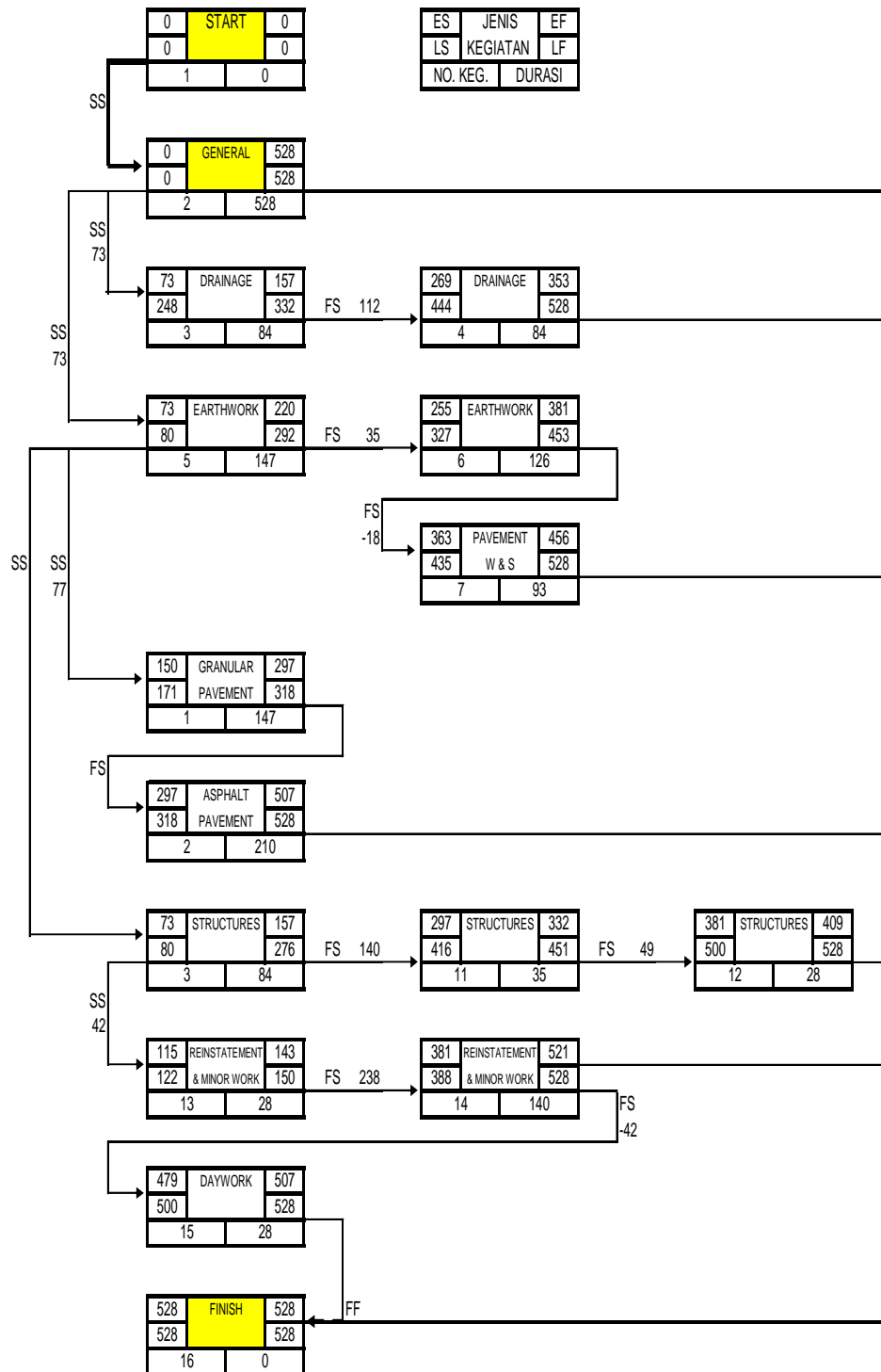
PDM pada gambar 5.16 di atas adalah hasil transfer dari metode penjadwalan *Bar Chart*, terlihat pada gambar tersebut banyak terdapat item kegiatan yang terputus *link*-nya sehingga diagram *network* tersebut tidak sempurna, karena tidak tertutup pada satu titik akhir. Item kegiatan yang terputus *link*-nya (lihat gambar 5.17) antara lain adalah *beam & slab* pada pekerjaan struktur lantai atap, *ceiling finished*, *sanitair work*, dan *other work* pada pekerjaan arsitektur lantai 1 dan 2, *sanitair work* dan *other work* pada pekerjaan arsitektur lantai 3, serta *ceiling finished* pada pekerjaan arsitektur lantai atap.





Gambar 5.18. PDM Perbaikan dari Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

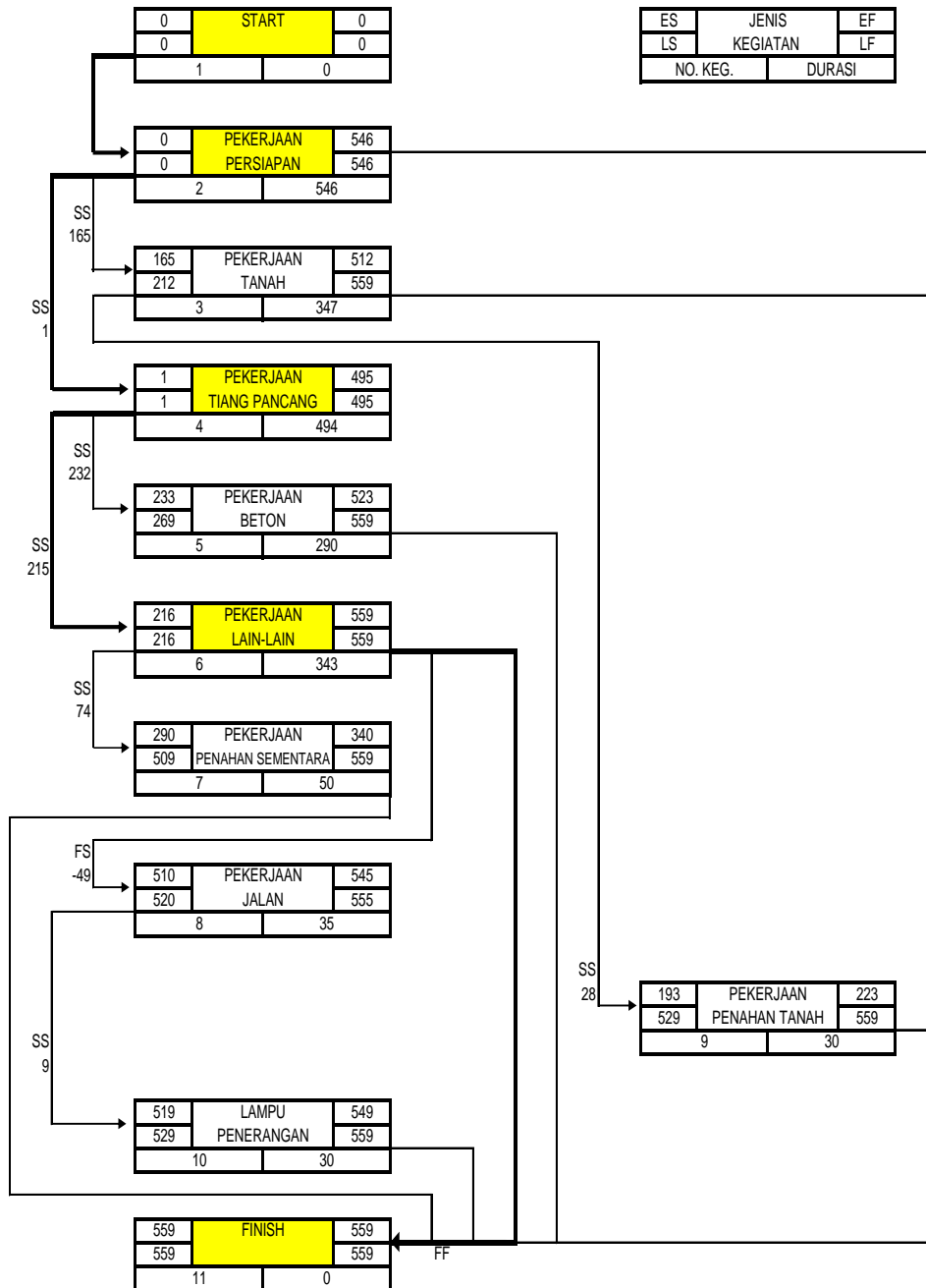
### 5.1.4.2. PDM Proyek Jalan Demak *Bypass*



Gambar 5.19. PDM Proyek Jalan Demak *Bypass*

Dari gambar 5.19 di atas terlihat adanya lintasan kritis kegiatan yang ditunjukkan dengan anak panah tebal dan warna kuning pada *node*-nya, yaitu pada pekerjaan *general*. Adapun total waktu penyelesaian proyeknya adalah 528 hari.

### 5.1.4.3. PDM Proyek *Graving Dock*



Gambar 5.20. PDM Proyek *Graving Dock*

Dari gambar 5.20 di atas terlihat adanya lintasan kritis kegiatan yang ditunjukkan dengan anak panah tebal dan warna kuning pada *node*-nya, yaitu pada pekerjaan persiapan, tiang pancang, dan pekerjaan lain-lain. Sedangkan total waktu penyelesaian proyeknya adalah 559 hari.

#### **5.1.5. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan PERT**

Pada penelitian ini metode PERT yang digunakan menggunakan pendekatan PDM *network*. Oleh karena itu tampilan diagramnya juga nampak lebih sederhana bila dibandingkan dengan menggunakan CPM. Selain itu, hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis juga terlihat dengan jelas. Hanya saja metode PERT ini masih memiliki kelemahan yang sama dengan CPM dan PDM, yaitu tidak dapat menunjukkan hambatan atau gangguan antar kegiatan dan tidak dapat mempertahankan kecepatan produksi.

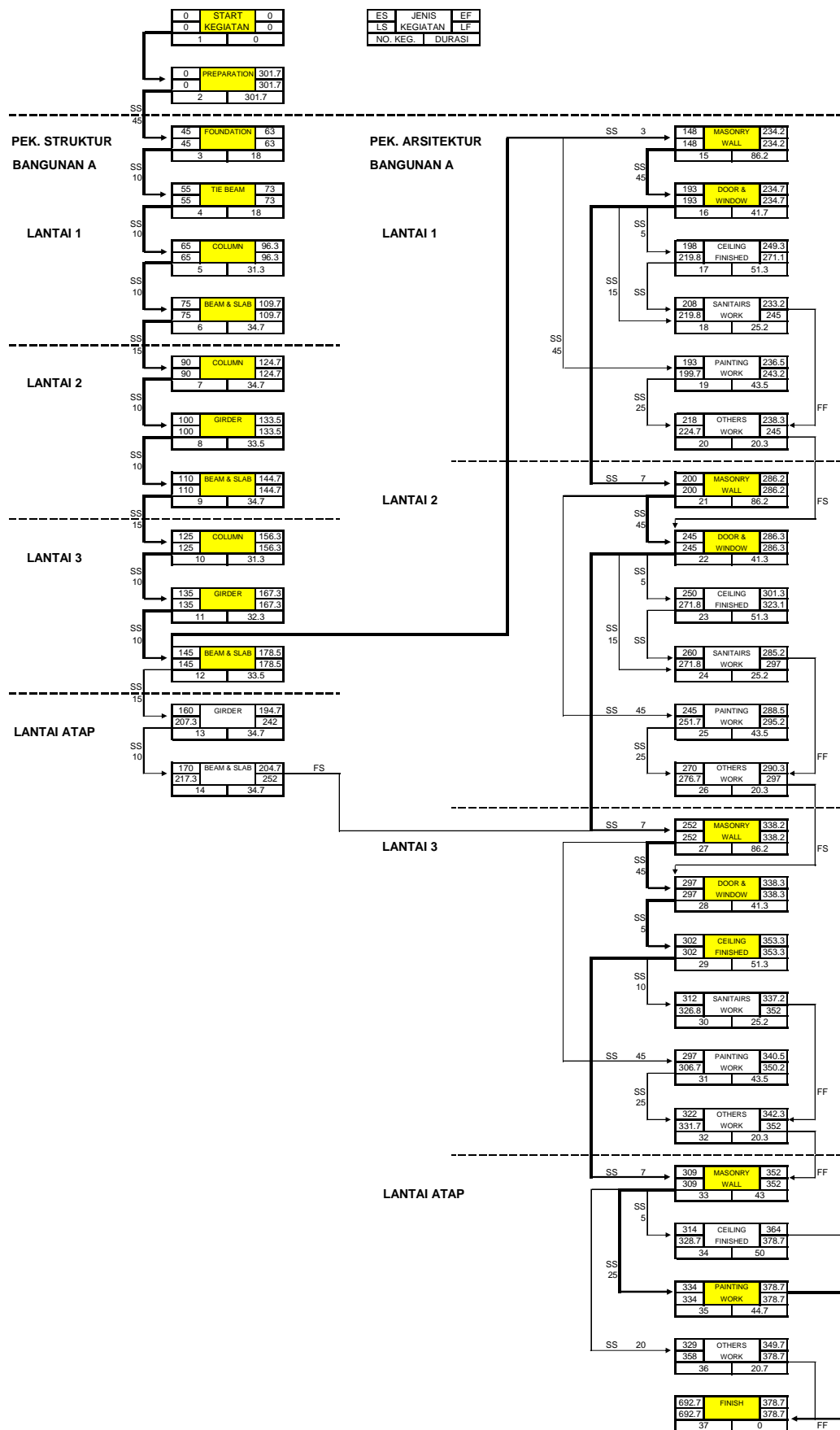
##### **5.1.5.1. PERT Proyek *Teaching Hospital* Gedung A**

Pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A ini, data durasi m (*most likely time*), didapatkan dari data proyek yang ada, sedangkan untuk estimasi data durasi a (*optimistic duration time*) dan b (*pessimistic duration time*), didapatkan dari hasil kuisioner dari salah satu staf teknik yang bekerja pada proyek tersebut (lihat lampiran C). Adapun data durasi PERT pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.4. Estimasi Durasi PERT Pada Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

NO	JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)			te	s	s <sup>2</sup>
		a	m	b			
1	<b>TEACHING HOSPITAL</b>						
2	PREPARATION	250	300	360	301.7	18.3	336.1
3	<b>TEACHING HOSPITAL BUILDING A</b>						
4	<b>STRUCTURE WORK</b>						
5	<b>1st Floor</b>						
6	FOUNDATION	14	16	30	18.0	2.7	7.1
7	TIE BEAM	14	16	30	18.0	2.7	7.1
8	COLUMN	28	30	40	31.3	2.0	4.0
9	BEAM & SLAB	28	30	60	34.7	5.3	28.4
10	<b>2nd Floor</b>						
11	COLUMN	28	30	60	34.7	5.3	28.4
12	GIRDER	21	30	60	33.5	6.5	42.3
13	BEAM & SLAB	28	30	60	34.7	5.3	28.4
14	<b>3rd Floor</b>						
15	COLUMN	28	30	40	31.3	2.0	4.0
16	GIRDER	14	30	60	32.3	7.7	58.8
17	BEAM & SLAB	21	30	60	33.5	6.5	42.3
18	<b>Roof plan</b>						
19	GIRDER	28	30	60	34.7	5.3	28.4
20	SLAB & BEAM	28	30	60	34.7	5.3	28.4
21	<b>ARCHITECTURE WORK</b>						
22	<b>1st Floor</b>						
23	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120	86.2	7.2	51.4
24	DOOR AND WINDOW	30	40	60	41.7	5.0	25.0
25	CEILING FINISHES	28	40	120	51.3	15.3	235.1
26	SANITAIRS WORK	21	25	30	25.2	1.5	2.3
27	PAINTING WORK	21	45	60	43.5	6.5	42.3
28	OTHERS WORK	12	20	30	20.3	3.0	9.0
29	<b>2nd Floor</b>						
30	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120	86.2	7.2	51.4
31	DOOR AND WINDOW	28	40	60	41.3	5.3	28.4
32	CEILING FINISHES	28	40	120	51.3	15.3	235.1
33	SANITAIRS WORK	21	25	30	25.2	1.5	2.3
34	PAINTING WORK	21	45	60	43.5	6.5	42.3
35	OTHERS WORK	12	20	30	20.3	3.0	9.0
36	<b>3rd Floor</b>						
37	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120	86.2	7.2	51.4
38	DOOR AND WINDOW	28	40	60	41.3	5.3	28.4
39	CEILING FINISHES	28	40	120	51.3	15.3	235.1
40	SANITAIRS WORK	21	25	30	25.2	1.5	2.3
41	PAINTING WORK	21	45	60	43.5	6.5	42.3
42	OTHERS WORK	12	20	30	20.3	3.0	9.0
43	<b>Roof plan</b>						
44	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	28	35	90	43.0	10.3	106.8
45	CEILING FINISHES	30	45	90	50.0	10.0	100.0
46	PAINTING WORK	28	30	120	44.7	15.3	235.1
47	OTHERS WORK	14	20	30	20.7	2.7	7.1

Berdasarkan estimasi data durasi tabel 5.4 di atas, nilai *te* (durasi yang diharapkan) dimasukkan ke dalam diagram PERT yang dibuat dengan memakai pendekatan PDM. Diagram PERT tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 5.21. PERT Proyek *Teaching Hospital* Gedung A



Adapun perhitungan kemungkinan/*probability* waktu penyelesaian proyek *Teaching Hospital* Gedung A dengan durasi waktu yang dijadwalkan **Ts** 364 hari (diambil dari durasi penyelesaian proyek dengan diagram PDM) adalah sebagai berikut :

**Te** adalah jumlah dari *te* untuk kegiatan kritis [ $Te = \sum(te)$  untuk kegiatan kritis] atau sama dengan total waktu penyelesaian proyek yang diharapkan, lintasan kritis proyek *Teaching Hospital* Gedung A dengan metode PERT di atas adalah rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-15-16-21-22-27-28-29-33-35-37 dengan total durasi proyek tercepat yang diharapkan **Te** adalah 378.7 hari. Sedangkan standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan **S** adalah akar jumlah kuadrat dari standar deviasi pada kegiatan kritis [ $S = \sqrt{\sum s^2}$  untuk kegiatan kritis]. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**Ts = 364 hari, Te = 378.7 hari**

$$S = \sqrt{\sum s^2} \text{ untuk kegiatan kritis}$$

$$S = \sqrt{\left( \begin{array}{l} 336.1 + 7.1 + 7.1 + 4 + 28.4 + 28.4 + 42.3 + 28.4 + 4 + 58.8 + 42.3 \\ + 51.4 + 25 + 51.4 + 28.4 + 51.4 + 28.4 + 235 + 107 + 235 \end{array} \right)}$$

$$S = \sqrt{1399.9}$$

**S = 37.41524**

$$Z = \frac{Ts - Te}{S}$$

$$Z = \frac{364 - 378.7}{37.41524}$$

Area dari Tabel Normal

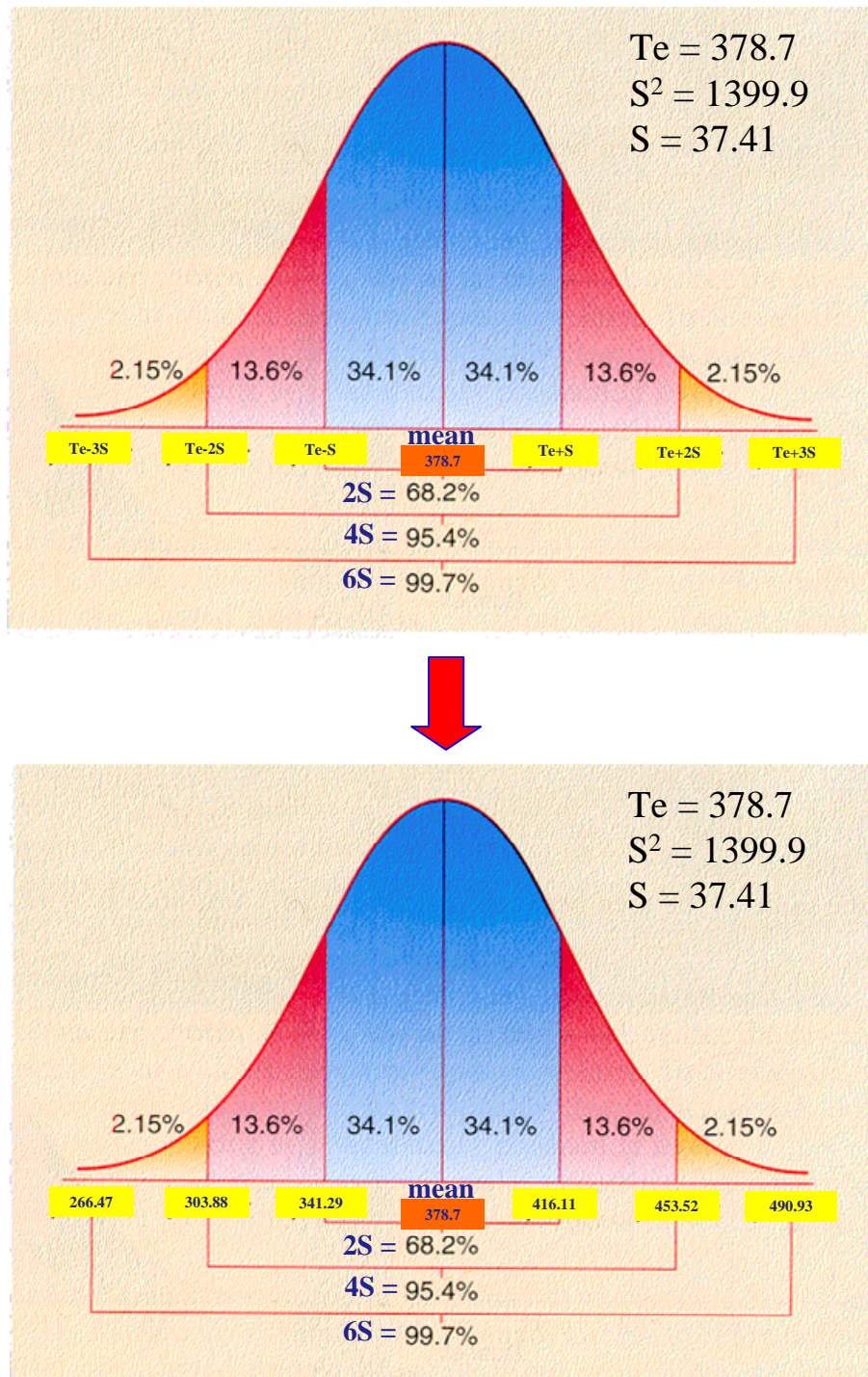
$$Z = -0.3929 \longrightarrow = 0.3483$$

$$= 1 - 0.3483 = 0.6517$$

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran A).

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas kemungkinan proyek *Teaching Hospital* Gedung A dapat diselesaikan dengan waktu 364 hari adalah sekitar 65 % dari total area di bawah kurva normal. Hal ini berarti, bahwa kemungkinan proyek dapat selesai tepat waktu adalah rendah sehingga perlu dianalisis berapakah waktu yang sesuai agar proyek dapat selesai dengan probabilitas yang tinggi. Perlu ditekankan di sini bahwa dalam menganalisis

kemungkinan penyelesaian proyek di atas, diabaikan usaha-usaha lain untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan, misalnya perubahan metode pelaksanaan atau penambahan sumber daya. Untuk itu agar proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% maka dapat dilakukan analisis dengan kurva distribusi normal, yaitu dengan cara memasukkan faktor deviasi standar ( $S$ ) dan *varians* ( $S^2$ ) sebagai berikut:



Gambar 5.22. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

Berdasarkan kurva distribusi normal gambar 5.22 di atas dengan besar rentang 3S, durasi waktu penyelesaian proyek *Teaching Hospital* Gedung A adalah  $378.7 \pm 112.23$  hari. Dari analisa tersebut maka kesempatan proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% adalah pada rentang waktu 266.47 - 490.93 hari. Hal ini juga dapat dianalisis dengan menggunakan nilai distribusi Z. Misalkan target waktu penyelesaian proyek ( $T_s$ ) diubah dari 364 hari menjadi 490 hari, maka kemungkinan proyek *Teaching Hospital* Gedung A dapat diselesaikan adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**$T_s = 490$  hari,  $T_e = 378.7$  hari**

**$S = 37.41524$**

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S}$$

$$Z = \frac{490 - 378.7}{37.41524}$$

Area dari Tabel Normal

**$Z = 2.974$        $\longrightarrow$        $= 0.9985$**

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran B).

Jadi, dengan cara menambah durasi waktu penyelesaian proyek dari 364 hari menjadi 490 hari kemungkinan waktu penyelesaian proyek *Teaching Hospital* Gedung A dapat diselesaikan menjadi 99%. Perlu ditekankan di sini bahwa dalam menganalisis kemungkinan penyelesaian proyek dengan metode PERT ini, usaha-usaha lain untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan diabaikan.

Berdasarkan verifikasi data dengan kenyataan yang ada di lapangan, jadwal pelaksanaan proyek *Teaching Hospital* Gedung A mengalami keterlambatan sebesar 4,5 bulan (135 hari) dari jadwal semula 364 hari. Jadi, dapat disimpulkan bahwa proyek ini memiliki probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 73% atau mengalami keterlambatan sebesar 27% dari jadwal semula. Bila dibandingkan dengan hasil elaborasi metode PERT, maka terdapat perbedaan estimasi probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 8% (73%-65%).

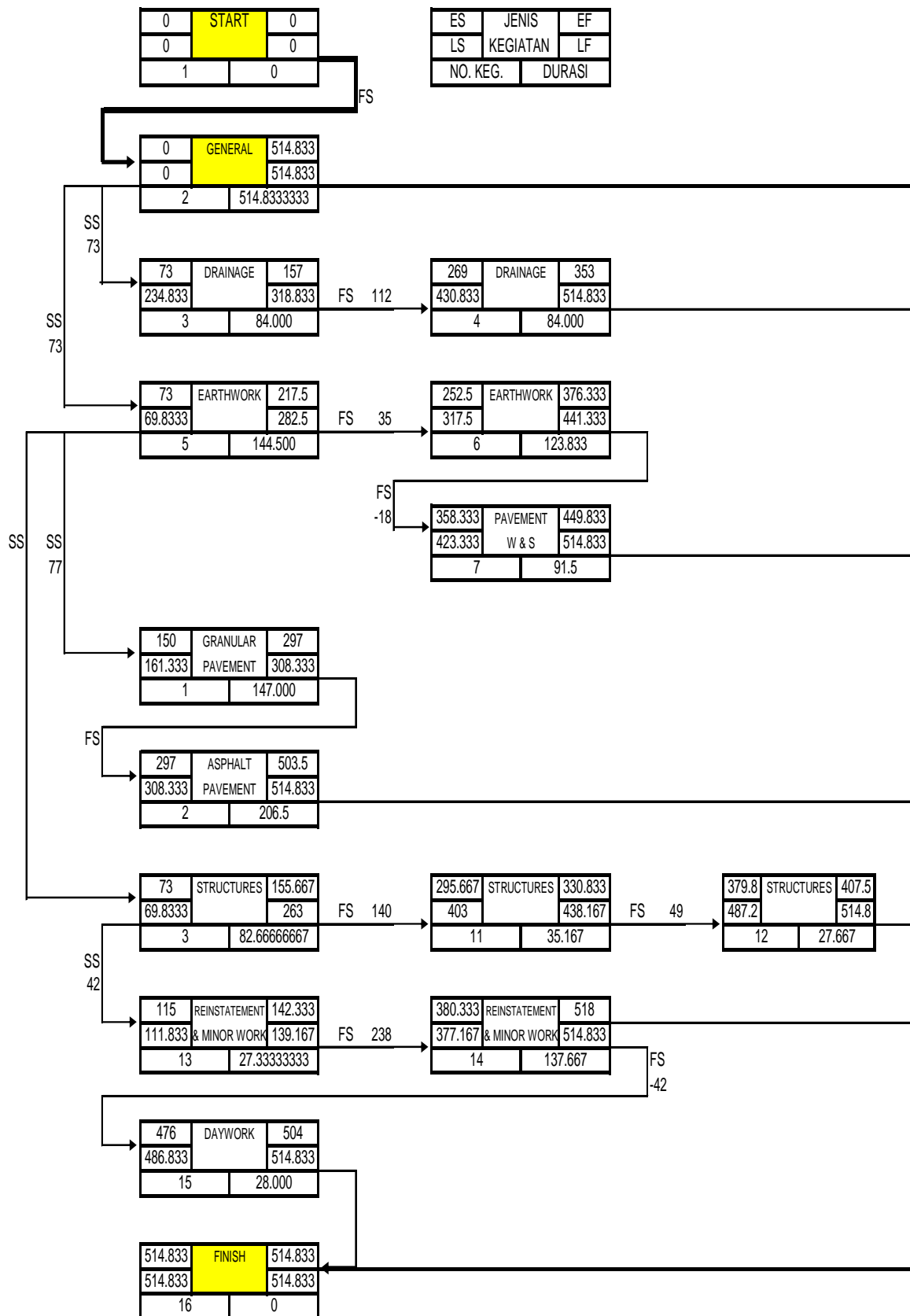
### 5.1.5.2. PERT Proyek Jalan Demak *Bypass*

Pada proyek Jalan Demak *Bypass* ini, data durasi *m* didapatkan dari data proyek yang ada, sedangkan untuk data durasi *a* dan *b*, didapatkan dari hasil kuisioner dari salah seorang ahli di lapangan pada proyek jalan raya dengan pengalaman 24 tahun (lihat lampiran D). Adapun data durasi PERT yang diperoleh pada proyek Jalan Demak *Bypass* ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.5. Estimasi Durasi PERT Proyek Jalan Demak *Bypass*

JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)			te	s	s <sup>2</sup>
	a	m	b			
<b>PROYEK JALAN DEMAK BYPASS</b>						
GENERAL	423	528	554	514.8	21.8	476.7
DRAINAGE A	76	84	92	84.0	2.7	7.1
DRAINAGE B	76	84	92	84.0	2.7	7.1
EARTHWORK A	125	147	154	144.5	4.8	23.4
EARTHWORK B	107	126	132	123.8	4.2	17.4
PAVEMENT WIDENING AND SHOULDER	75	93	102	91.5	4.5	20.3
GRANULAR PAVEMENT	140	147	154	147.0	2.3	5.4
ASPHALT PAVEMENT	168	210	231	206.5	10.5	110.3
STRUCTURES A	72	84	88	82.7	2.7	7.1
STRUCTURES B	32	35	39	35.2	1.2	1.4
STRUCTURES C	25	28	29	27.7	0.7	0.4
REINSTATEMENT AND MINOR WORK A	23	28	29	27.3	1.0	1.0
REINSTATEMENT AND MINOR WORK B	112	140	154	137.7	7.0	49.0
DAYWORK	27	28	29	28.0	0.3	0.1

Dari hasil estimasi durasi pada tabel 5.5 di atas, nilai *te* (durasi yang diharapkan) dimasukkan ke dalam diagram PERT yang dibuat dengan memakai pendekatan PDM. Diagram PERT proyek Jalan Demak *Bypass* adalah sebagai berikut :



Gambar 5.23. PERT Proyek Jalan Demak *Bypass*

Adapun perhitungan kemungkinan/*probability* waktu penyelesaian proyek Jalan Demak *Bypass* dengan durasi waktu yang dijadwalkan **Ts** 528 hari (diambil dari durasi penyelesaian proyek dengan diagram PDM) adalah sebagai berikut :

**Te** adalah jumlah dari *te* untuk kegiatan kritis [ $Te = \sum (te)$  untuk kegiatan kritis] atau sama dengan total waktu penyelesaian proyek yang diharapkan, lintasan kritis proyek Jalan Demak *Bypass* dengan metode PERT di atas adalah rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-16 dengan total durasi proyek tercepat yang diharapkan **Te** adalah 514.83 hari. Sedangkan standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan **S** adalah akar jumlah kuadrat dari standar deviasi pada kegiatan kritis [ $S = \sqrt{\sum s^2}$  untuk kegiatan kritis].

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**Ts = 528 hari, Te = 514.83 hari**

$$S = \sqrt{\sum s^2} \text{ untuk kegiatan kritis}$$

$$S = \sqrt{476.7}$$

**S = 21.83**

$$Z = \frac{Ts - Te}{S}$$

$$Z = \frac{528 - 514.83}{21.83}$$

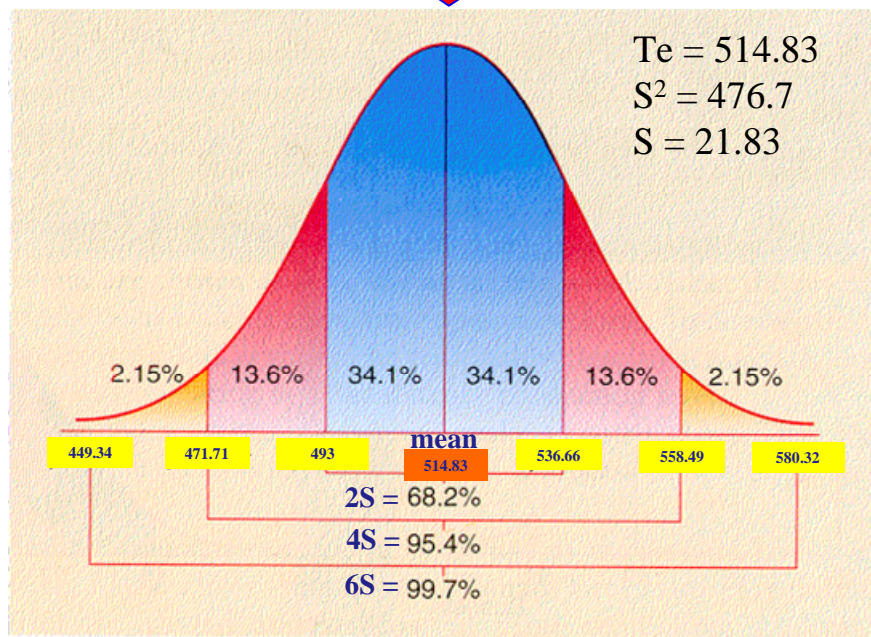
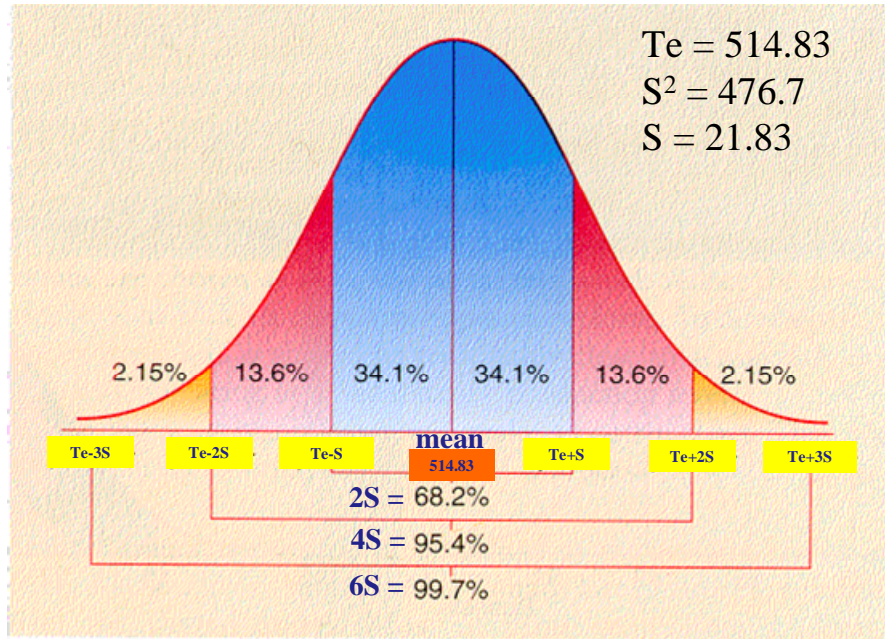
Area dari Tabel Normal

$$Z = 0.603053 \longrightarrow = 0.7353$$

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran B).

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas kemungkinan proyek dapat diselesaikan dengan waktu 528 hari adalah sekitar 73 % dari total area di bawah kurva normal. Hal ini berarti, bahwa kemungkinan proyek dapat selesai tepat waktu adalah sedang sehingga perlu dianalisis berapakah waktu yang sesuai agar proyek dapat selesai dengan probabilitas yang tinggi. Untuk itu agar proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% maka dapat dilakukan analisis dengan kurva distribusi normal, yaitu dengan cara memasukkan faktor deviasi standar (S) dan *varians* ( $S^2$ ) sebagai berikut:





Gambar 5.24. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek Jalan Demak *Bypass*

Berdasarkan kurva distribusi normal gambar 5.24 di atas dengan besar rentang 3S, durasi waktu penyelesaian proyek Jalan Demak *Bypass* adalah  $514.83 \pm 65.49$  hari. Dari analisa tersebut maka kesempatan proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% adalah pada rentang waktu 449.34 – 580.32 hari. Hal ini juga dapat dianalisis dengan menggunakan nilai distribusi Z. Misalkan target waktu penyelesaian proyek (Ts) diubah

dari 528 hari menjadi 580 hari, maka kemungkinan proyek Jalan Demak *Bypass* dapat diselesaikan adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**$T_s = 580$  hari,  $T_e = 514.83$  hari**

**$S = 21.83$**

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S}$$

$$Z = \frac{580 - 514.83}{21.83}$$

Area dari Tabel Normal

$$Z = 2.985 \longrightarrow = 0.9986$$

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran B).

Jadi, dengan cara menambah durasi waktu penyelesaian proyek dari 528 hari menjadi 580 hari kemungkinan waktu penyelesaian proyek Jalan Demak *Bypass* dapat diselesaikan menjadi 99%.

Berdasarkan verifikasi data jadwal pelaksanaan proyek Jalan Demak *Bypass* yang ditinjau dari progress pekerjaan pada bulan Agustus 2008 minggu kedua, diperkirakan proyek Jalan Demak *Bypass* mengalami keterlambatan sebesar 24% dari jadwal semula. Jadi, dapat disimpulkan bahwa proyek ini memiliki probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 76%. Bila dibandingkan dengan hasil elaborasi metode PERT, maka terdapat perbedaan estimasi probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 3% (76%-73%).



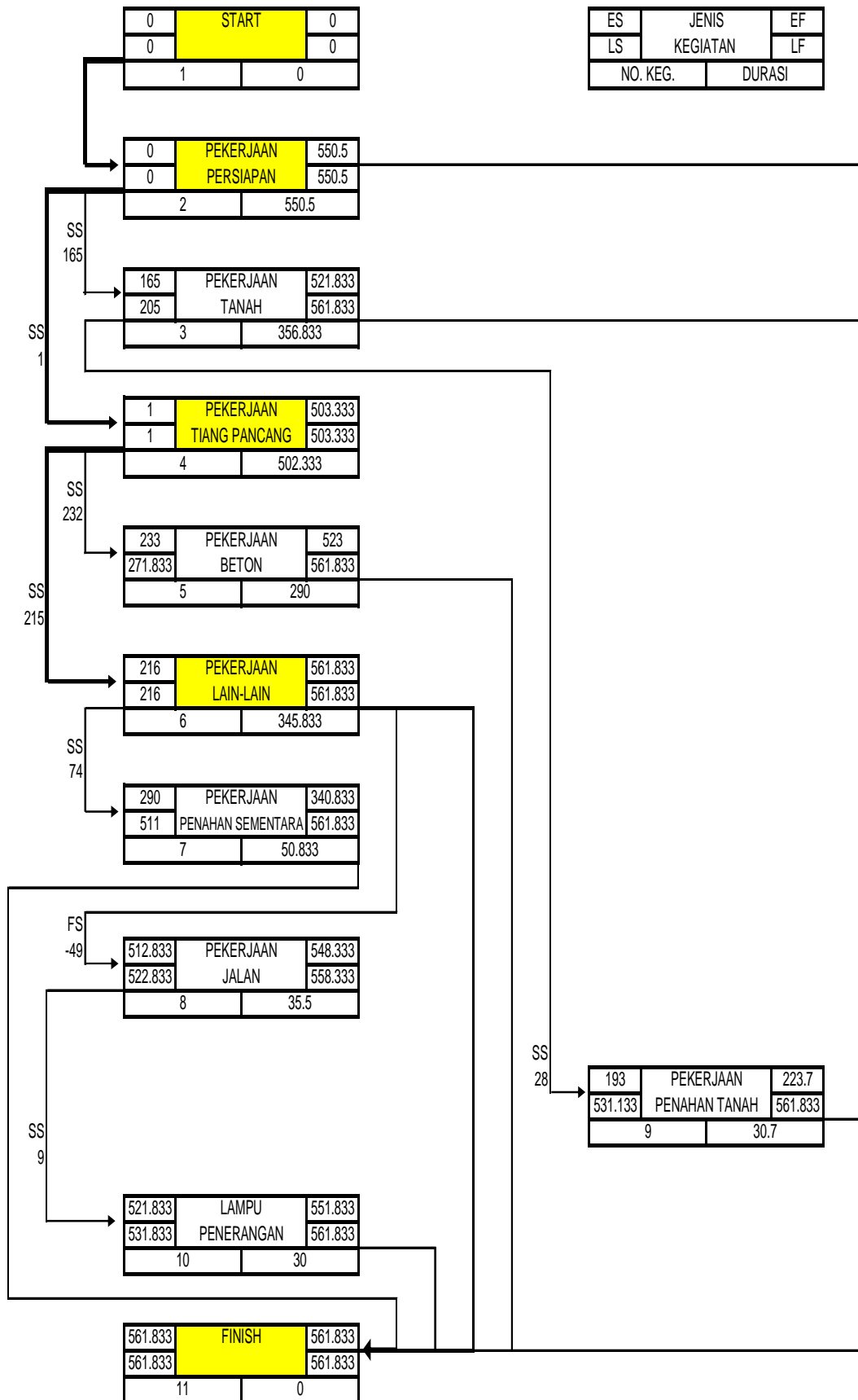
### 5.1.5.3. PERT Proyek *Graving Dock*

Pada proyek *Graving Dock* ini, data durasi *m* didapatkan dari data proyek yang ada, sedangkan untuk data durasi *a* dan *b*, didapatkan dari hasil kuisioner dari salah seorang pengawas lapangan pada proyek *Graving Dock* ini dengan pengalaman 20 tahun (lihat lampiran E). Adapun data durasi PERT yang diperoleh pada proyek *Graving Dock* ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.6. Estimasi Durasi PERT Proyek *Graving Dock*

JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)			te	s	s2
	a	m	b			
<b>PROYEK GRAVING DOCK</b>						
PEKERJAAN PERSIAPAN	519	546	600	550.5	13.5	182.3
PEKERJAAN TANAH DAN PENGERINGAN	337	347	416	356.8	13.2	173.4
PEKERJAAN TIANG PANCANG, SHEET PILE DAN PEMANCANGAN	470	494	568	502.3	16.3	266.8
PEKERJAAN BETON	261	290	319	290.0	9.7	93.4
PEKERJAAN LAIN-LAIN	326	343	377	345.8	8.5	72.3
PEKERJAAN PENAHAN SEMENTARA UJUNG MULUT DOK	47	50	58	50.8	1.8	3.4
PEKERJAAN JALAN DENGAN KONSTRUKSI ASPAL PENETRASI SELEBAR 6M KELILING TEPI DOK DAN TEPI LAUT	34	35	39	35.5	0.8	0.7
PEKERJAAN PENAHAN TANAH TEPI LAUT (l=22M) DI KIRI KANAN MULUT DOK	29	30	35	30.7	1.0	1.0
LAMPU PENERANGAN DI DINDING DOK TERMASUK INSTALASI DAN PANEL PENERANGAN	27	30	33	30.0	1.0	1.0

Dari hasil estimasi durasi pada tabel 5.6 di atas, nilai *te* (durasi yang diharapkan) dimasukkan ke dalam diagram PERT yang dibuat dengan memakai pendekatan PDM. Diagram PERT proyek *Graving Dock* sebagai berikut :



Gambar 5.25. PERT Proyek Graving Dock

Adapun perhitungan kemungkinan/*probability* waktu penyelesaian proyek *Graving Dock* dengan durasi waktu yang dijadwalkan **Ts** 559 hari (diambil dari durasi penyelesaian proyek dengan diagram PDM) adalah sebagai berikut :

**Te** adalah jumlah dari *te* untuk kegiatan kritis [ $Te = \sum (te)$  untuk kegiatan kritis] atau sama dengan total waktu penyelesaian proyek yang diharapkan, lintasan kritis proyek *Graving Dock* dengan metode PERT di atas adalah rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-4-6-11 dengan total durasi proyek tercepat yang diharapkan **Te** adalah 561.833 hari. Sedangkan standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan **S** adalah akar jumlah kuadrat dari standar deviasi pada kegiatan kritis [ $S = \sqrt{\sum s^2}$  untuk kegiatan kritis].

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**Ts = 559 hari, Te = 561.833 hari**

$$S = \sqrt{\sum s^2} \text{ untuk kegiatan kritis}$$

$$S = \sqrt{(182.3 + 266.8 + 72.25)}$$

$$S = \sqrt{521.3}$$

**S = 22.831**

$$Z = \frac{Ts - Te}{S}$$

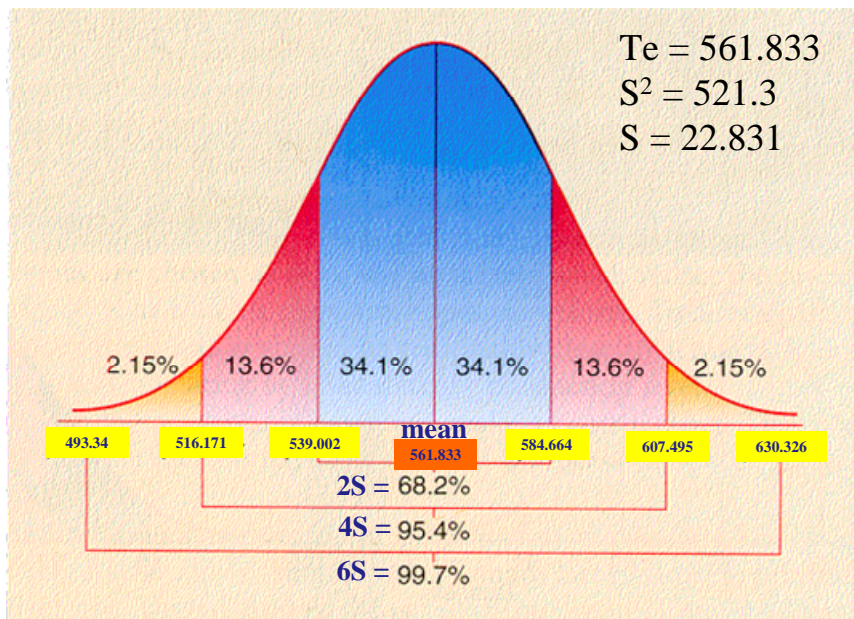
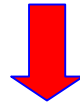
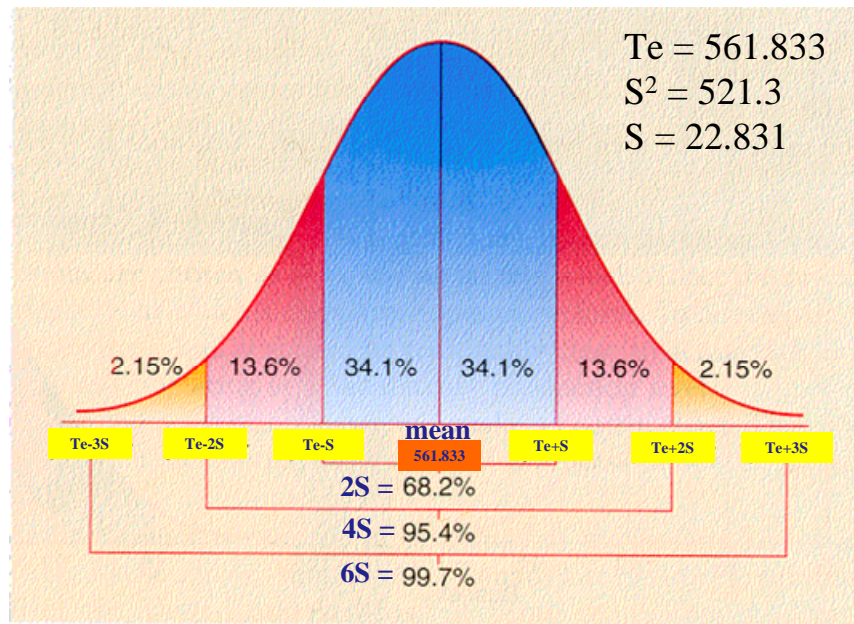
$$Z = \frac{559 - 561.833}{22.831}$$

Area dari Tabel Normal

$$\begin{aligned} Z = -0.124 & \longrightarrow = 0.4522 \\ & = 1 - 0.4522 = 0.5478 \end{aligned}$$

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran A).

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas kemungkinan proyek dapat diselesaikan dengan waktu 559 hari adalah sekitar 55 % dari total area di bawah kurva normal. Hal ini berarti, bahwa kemungkinan proyek dapat selesai tepat waktu adalah rendah sehingga perlu dianalisis berapakah waktu yang sesuai agar proyek dapat selesai dengan probabilitas yang tinggi. Untuk itu agar proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% maka dapat dilakukan analisis dengan kurva distribusi normal, yaitu dengan cara memasukkan faktor deviasi standar (S) dan *varians* ( $S^2$ ) sebagai berikut:



Gambar 5.26. Analisis Kurva Distribusi Normal Proyek *Graving Dock*

Berdasarkan kurva distribusi normal gambar 5.26 di atas dengan besar rentang 3S, durasi waktu penyelesaian proyek *Graving Dock* adalah  $561.833 \pm 68.493$  hari. Dari analisa tesebut maka kesempatan proyek dapat diselesaikan dengan kemungkinan 99% adalah pada rentang waktu 493.34 – 630.326 hari. Hal ini juga dapat dianalisis dengan menggunakan nilai distribusi Z. Misalkan target waktu penyelesaian proyek (Ts) diubah

dari 559 hari menjadi 630 hari, maka kemungkinan proyek *Graving Dock* dapat diselesaikan adalah sebagai berikut:

Diketahui :

**Ts = 630 hari, Te = 561.833 hari**

**S = 22.831**

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S}$$

$$Z = \frac{630 - 561.833}{22.831}$$

Area dari Tabel Normal

$$Z = 2.985 \longrightarrow = 0.9986$$

(Untuk nilai distribusi Z dapat dilihat pada lampiran B).

Jadi, dengan cara menambah durasi waktu penyelesaian proyek dari 559 hari menjadi 630 hari kemungkinan waktu penyelesaian proyek *Graving Dock* dapat diselesaikan menjadi 99%.

Berdasarkan verifikasi data dengan kenyataan yang ada di lapangan, jadwal pelaksanaan proyek *Graving Dock* mengalami keterlambatan sampai dengan 10 bulan dari jadwal semula 19 bulan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa proyek ini memiliki probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 65% atau mengalami keterlambatan sebesar 35% dari jadwal semula. Bila dibandingkan dengan hasil elaborasi metode PERT, maka terdapat perbedaan estimasi probabilitas waktu penyelesaian proyek sebesar 10% (65%-55%).

#### **5.1.6. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan LoB**

Sebagaimana telah dikemukakan pada bab sebelumnya, LoB adalah metode penjadwalan yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus-menerus. Di samping itu, rangkaian kegiatan di dalam LoB juga tidak boleh saling berpotongan atau dengan kata lain tidak boleh mengganggu atau saling mendahului. Artinya kemajuan pekerjaan dari kegiatan yang mengikuti (*successor*) tidak boleh mendahului kegiatan yang mendahuluiya (*predecessor*). Pada penelitian ini, metode LoB akan diterapkan pada proyek *Teaching Hospital Gedung A, Jalan Demak Bypass, dan Graving Dock*.

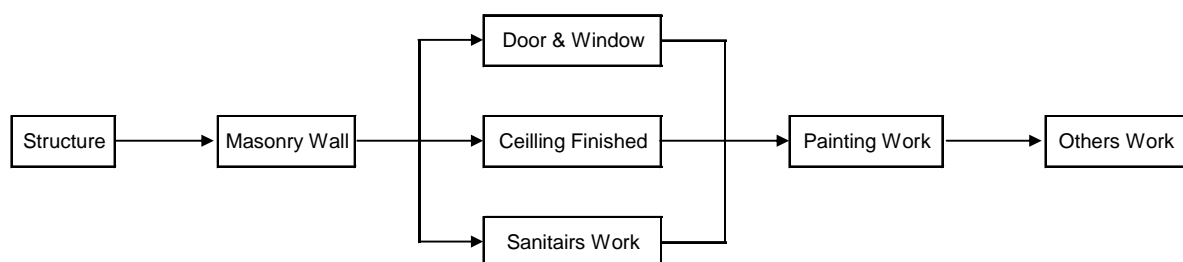
#### 5.1.6.1. LoB Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

Metode LoB akan diaplikasikan ke dalam penjadwalan proyek *Teaching Hospital* A. Namun tidak semua item kegiatan pada proyek *Teaching Hospital* ini dapat dijadwalkan dengan metode LoB ini, hanya item kegiatan yang berulang saja yang dapat dijadwalkan. Adapun item kegiatan yang berulang pada proyek *Teaching Hospital* gedung A berdasarkan data *Bar Chart* terdapat pada 3 lantai tipikal. Item kegiatan tiap lantai tipikal tersebut terdiri dari pekerjaan *Structure*, *Masonry Wall*, *Door & Window*, *Ceilling Finished*, *Sanitaires Work*, *Painting Work*, *Others Work*. Asumsi durasi per siklus kegiatan berdasarkan pada data durasi *Bar Chart* (lihat gambar 5.6). Adapun daftar kegiatan dan durasi dari paket pekerjaan tiap lantai tipikal tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 5.7. Daftar Paket Pekerjaan dari Tiap Lantai Tipikal

No.	KEGIATAN	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)
1	Structure	50
2	Masonry Wall	80
3	Door & Window	40
4	Ceilling Finished	40
5	Sanitaires Work	25
6	Painting Work	45
7	Others Work	20

Sebelum membuat diagram LoB, terlebih dahulu hubungan logika ketergantungan dari paket kegiatan tersebut dibuat. *Network* diagram dari paket kegiatan tiap lantai tipikal tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 5.27. *Network* Diagram dari Paket Kegiatan Tiap Lantai Tipikal *Teaching Hospital* Gedung A

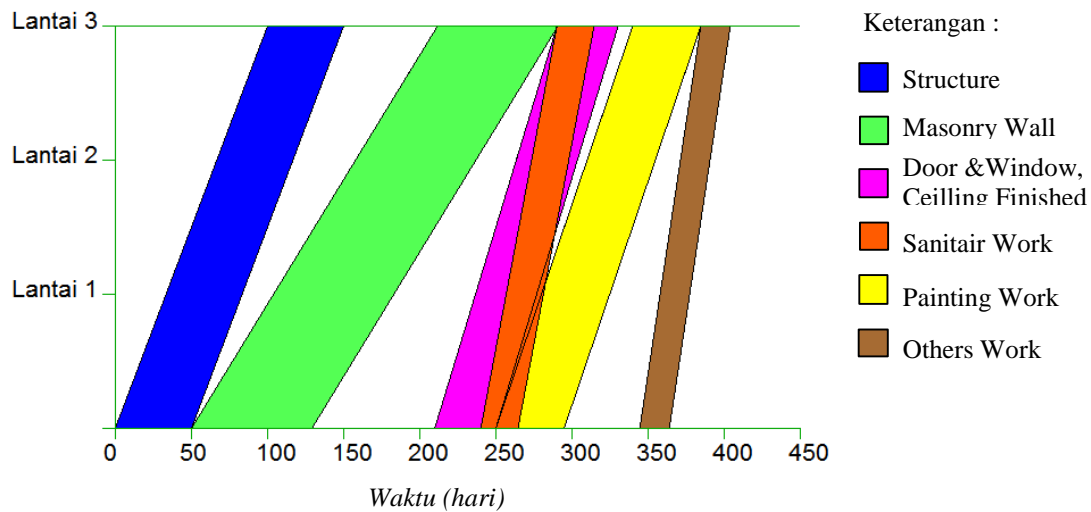
Setelah itu waktu *Start* dan *Finish* dari paket pekerjaan keseluruhan 3 lantai gedung *Teaching Hospital* A dihitung. Sebagai contoh : total durasi dari paket pekerjaan *Structure* adalah: 50 hari/lantai X 3 lantai = 150 hari. Adapun durasi dari keseluruhan paket pekerjaan di atas ditunjukkan pada tabel 5.8.

Karena durasi waktu siklus pekerjaan bervariasi untuk tiap paket pekerjaan, maka apabila paket pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih cepat, dijadwalkan dari akhir paket pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan FF (*Finish to Finish*). Sedangkan bila *successor* lebih lambat maka dijadwalkan setelah siklus pertama dari paket pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) selesai atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan SS (*Start to Start*). Sebagai contoh, paket pekerjaan *Masonry Wall* (lihat tabel 5.8) diidentifikasi memiliki durasi total yang lebih lambat dari paket pekerjaan *Structure*. Oleh karena itu, paket pekerjaan *Masonry Wall* dijadwalkan setelah siklus pertama dari paket pekerjaan *Structure* (*predecessor*) selesai, yaitu pada hari ke-50 sehingga diharapkan paket pekerjaan *Masonry Wall* akan selesai pada hari ke-290 ( $50 + 240$  hari). Sedangkan paket pekerjaan *Door & Window* adalah contoh dari paket pekerjaan yang mengikuti (*successor*) yang lebih cepat dari *predecessor*-nya, yaitu paket pekerjaan *Masonry Wall*. Oleh karena itu, paket pekerjaan *Door & Window* dijadwalkan dari akhir paket pekerjaan yang mendahului, yaitu dari paket pekerjaan *Masonry Wall* pada hari ke-290 sehingga paket pekerjaan *Door & Window* akan berakhir setelah siklus 40 hari kemudian, atau pada hari ke-330 ( $290 + 40$  hari). Untuk lebih lengkapnya ditunjukkan pada tabel 5.8 di bawah ini:

Tabel 5.8. LoB Schedule Pada Proyek Teaching Hospital Gedung A

KEGIATAN	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
Structure	50	150	0	150
Masonry Wall	80	240	50	290
Door & Window	40	120	210	330
Ceilling Finished	40	120	210	330
Sanitairs Work	25	75	240	315
Painting Work	45	135	250	385
Others Work	20	60	345	405

Berdasarkan perhitungan tabel 5.8 di atas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk lantai pertama adalah pada hari ke-365, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada paket pekerjaan *Others Work* ( $345 + 20$  hari). *Delivery Rate* untuk tiap lantai berikutnya adalah tiap 20 hari sesudahnya. Jadi, total durasi waktu penyelesaian proyek adalah 405 hari. Adapun diagram LoB pada proyek Teaching Hospital Gedung A ditunjukkan pada gambar 5.28 di bawah ini.



Gambar 5.28. Diagram LoB Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

Dari diagram LoB gambar 5.28 di atas, pekerjaan yang saling mengganggu dapat dengan mudah terdeteksi, yaitu: pada paket pekerjaan *Door & Window* dan *Ceiling Finished* yang saling berimpitan, serta paket pekerjaan *Sanitairs Work* yang memotong paket pekerjaan *Door & Window* dan paket pekerjaan *Painting Work*. Selain itu, dengan jelas dapat diperlihatkan bahwa dengan mempercepat siklus waktu dari paket pekerjaan *Masonry Wall*, maka durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat dikurangi. Misalnya siklus waktu dari paket pekerjaan *Masonry Wall* dipercepat dari 80 hari menjadi 40 hari per siklus pekerjaan, maka durasi dari keseluruhan paket pekerjaan *Teaching Hospital* Gedung A berubah sebagai berikut:

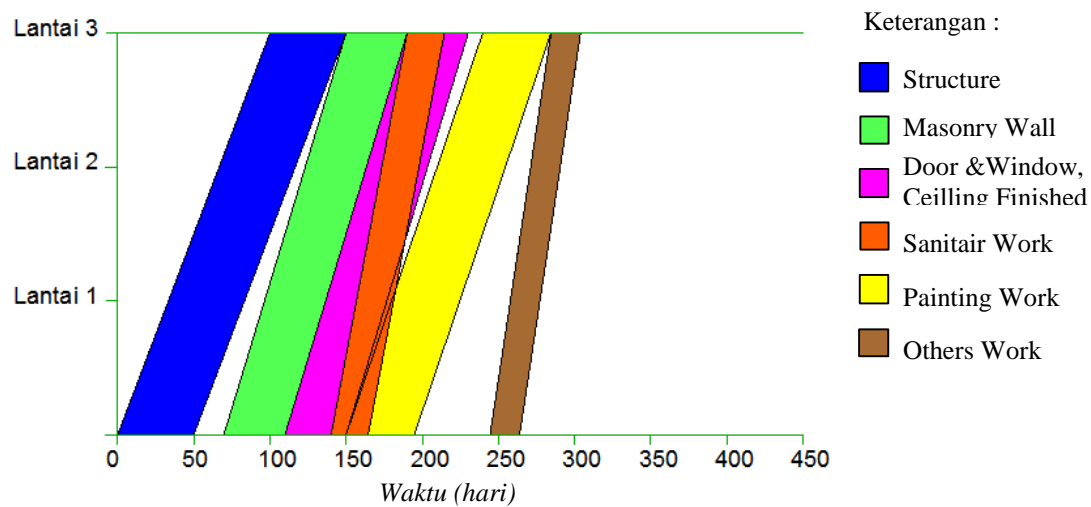
Tabel 5.9. Perbaikan 1 LoB *Schedule* Pada Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

KEGIATAN	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
Structure	50	150	0	150
Masonry Wall	40	120	70	190
Door & Window	40	120	110	230
Ceilling Finished	40	120	110	230
Sanitairs Work	25	75	140	215
Painting Work	45	135	150	285
Others Work	20	60	245	305

Berdasarkan perhitungan tabel 5.9 di atas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk lantai pertama adalah pada hari ke-265, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada paket pekerjaan *Others Work* ( $245 + 20$  hari) dan total durasi waktu penyelesaian proyek adalah 305 hari. Jadi waktu penyelesaian proyek menjadi lebih cepat 100 hari dari jadwal



LoB semula, yaitu dari 405 hari menjadi 305 hari. Adapun diagram LoB perbaikan 1 pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A adalah sebagai berikut:



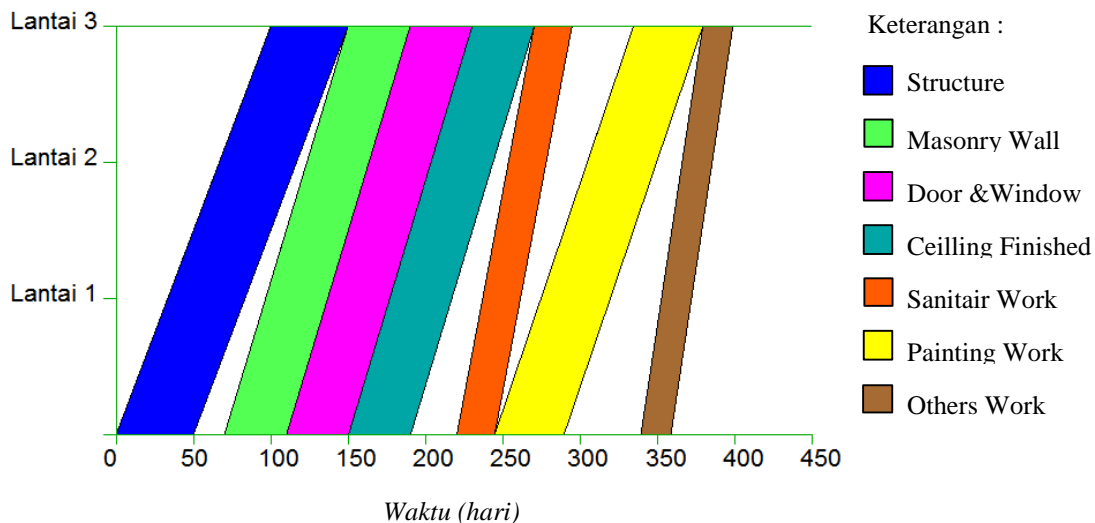
Gambar 5.29. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

Dari diagram perbaikan 1 (gambar 5.29) di atas, tampak durasi penyelesaian proyek menjadi menjadi lebih cepat namun masih terdapat adanya kegiatan yang saling mengganggu, yaitu pada paket pekerjaan *Door & Window* dan *Ceiling Finished* yang saling berimpitan, serta paket pekerjaan *Sanitairs Work* yang memotong paket pekerjaan *Door & Window* dan paket pekerjaan *Painting Work*. Oleh karena itu, agar tidak saling mengganggu jalannya pekerjaan sebaiknya paket pekerjaan *Ceiling Finished* digeser setelah paket pekerjaan *Door & Window*. Sedangkan paket pekerjaan *Sanitairs Work* dijadwalkan setelah paket pekerjaan *Ceiling Finished* dan paket pekerjaan *Painting Work* dijadwalkan setelah paket pekerjaan *Sanitairs Work* sehingga durasi dari keseluruhan paket pekerjaan *Teaching Hospital* Gedung A berubah menjadi sebagai berikut:

Tabel 5.10. Perbaikan 2 LoB *Schedule* Pada Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

KEGIATAN	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
Structure	50	150	0	150
Masonry Wall	40	120	70	190
Door & Window	40	120	110	230
Ceilling Finished	40	120	150	270
Sanitairs Work	25	75	220	295
Painting Work	45	135	245	380
Others Work	20	60	340	400

Berdasarkan perhitungan tabel 5.10 di atas, diperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 400 hari dengan penyelesaian untuk lantai pertama adalah pada hari ke-360, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada paket pekerjaan *Others Work* (340 + 20 hari). Adapun diagram LoB perbaikan 2 pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A adalah sebagai berikut:



Gambar 5.30. Perbaikan 2 Diagram LoB Proyek *Teaching Hospital* Gedung A

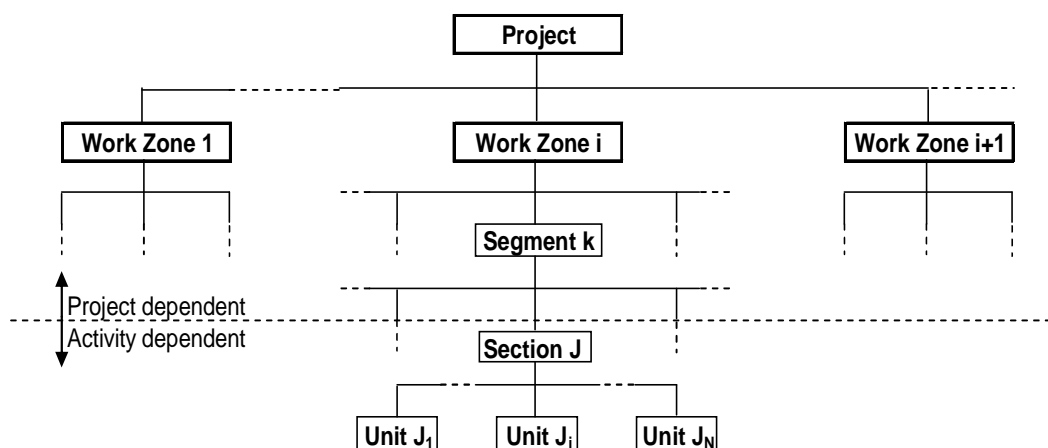
Dari diagram perbaikan 2 (gambar 5.30) di atas, tampak durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 400 hari, di mana lebih cepat 5 hari dari jadwal LoB yang semula 405 hari dan sudah tidak ada lagi kegiatan yang saling mengganggu. Perbaikan tersebut dilakukan dengan cara menggeser paket pekerjaan *Ceiling Finished* yang semula dimulai pada hari ke-110 menjadi hari ke-150 dengan durasi yang sama, kemudian menggeser paket pekerjaan *Sanitairs Work* yang semula dimulai pada hari ke-140 menjadi hari ke-220 dan menggeser paket pekerjaan *Painting Work* yang semula dimulai pada hari ke-150 menjadi hari ke-245.

#### 5.1.6.2. LoB Proyek Jalan Demak Bypass

Penggunaan teknik penjadwalan jaringan, seperti metode jalur kritis (CPM), dalam penjadwalan proyek berulang telah lama dipertanyakan (Chrzanowski dan Johnston, 1986 (dalam Hassanein dan Moselhi, 2004)). Proyek berulang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori: *linier* (seperti jalan raya dan pipa) dan *nonlinier* (seperti gedung bertingkat tinggi dan proyek perumahan) (Vorster et al., 1992 (dalam Hassanein dan Moselhi, 2004)). Meskipun yang menyebabkan berulang adalah geometrik *layout*-nya, sedangkan yang lain

disebabkan oleh kru yang mengulang tugas yang sama di semua unit. Dua perbedaan utama antara kedua kelas tersebut adalah: 1). Dalam proyek-proyek *nonlinier*, unit adalah entitas fisik (misalnya, lantai di sebuah gedung bertingkat tinggi). Dengan demikian, setelah menyelesaikan pekerjaan di setiap unit, kru memerlukan waktu relokasi dari satu unit ke unit berikutnya. Hal ini tidak terjadi di proyek *linier*, di mana kru hanya maju dari satu unit ke unit berikutnya sepanjang proyek. 2). Ketika mengadopsi strategi beberapa kru dalam proyek linier, proyek dipecah menjadi beberapa bagian, masing-masing dilaksanakan oleh kru. Hal ini tidak terjadi di proyek *nonlinier*, di mana kru dapat ditugaskan pada unit berikutnya.

Oleh karena itu, pada tahap perencanaan dan definisi atau yang biasa dikenal dengan WBS (*Work Breakdown Structure*), setiap kegiatan di dalam proyek dibagi menjadi lebih kecil, didefinisikan, dan unit secara umum dikenal sebagai paket pekerjaan (divisi). Dalam metode ini, kegiatan dibagi menjadi *work zone*, *segment*, *section*, dan *unit* (Hassanein dan Moselhi, 2004), seperti terlihat pada gambar 5.31 di bawah ini :



Gambar 5.31. WBS Proyek Jalan  
(Sumber : Hassanein dan Moselhi, 2004)

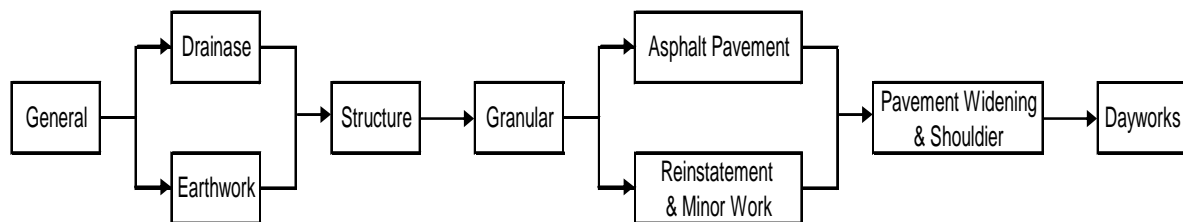
Untuk proyek Jalan Demak *Bypass* ini adalah termasuk dalam proyek linear, di mana yang menyebabkan berulang adalah geometrik *layout*-nya. Proyek Jalan Demak *Bypass* ini memiliki panjang 6,9 km. Pada studi kasus ini, metode LoB akan diaplikasikan ke dalam penjadwalan proyek Jalan Demak *Bypass*. Sesuai dengan metode Hassanein dan Moselhi (2004), penulis mengasumsikan proyek Jalan Demak *Bypass* ini terbagi dalam 4 *section*, yaitu *section 1* dari STA 0+000 sampai STA 1+700, *section 2* dari STA 1+700 sampai STA 3+500, *section 3* dari STA 3+500 sampai STA 5+100, dan *section 4* dari STA

5+100 sampai STA 6+900. Divisi pekerjaan tiap *section* tersebut terdiri dari pekerjaan *General, Drainase, Earthwork, Structure, Granular, Asphalt Pavement, Reinstatement & Minor Work, Pavement Widening & Shouldier, Dayworks*. Adapun daftar divisi pekerjaan dan durasi dari paket pekerjaan tiap *section* adalah sebagai berikut:

Tabel 5.11. Daftar Divisi Pekerjaan

No.	DIVISI	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)
I	General	99
II	Drainase	32
II	Earthwork	51
IV	Structure	28
V	Granular	28
VI	Asphalt Pavement	39
VII	Reinstatement & Minor Work	32
VIII	Pavement Widening & Shouldier	17
IX	Dayworks	6

Sebelum membuat diagram LoB, terlebih dahulu hubungan logika ketergantungan dari paket kegiatan tersebut dibuat. *Network* diagram dari divisi pekerjaan tiap *section* tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 5.32. *Network* Diagram Tiap *Section* Divisi Pekerjaan

Setelah itu waktu *Start* dan *Finish* dari divisi pekerjaan keseluruhan dari 4 *section* proyek Jalan Demak *Bypass* dihitung. Sebagai contoh : total durasi dari paket pekerjaan *General* adalah: 99 hari/section x 4 section = 396 hari. Adapun durasi dari keseluruhan paket pekerjaan di atas ditunjukkan pada tabel 5.12.

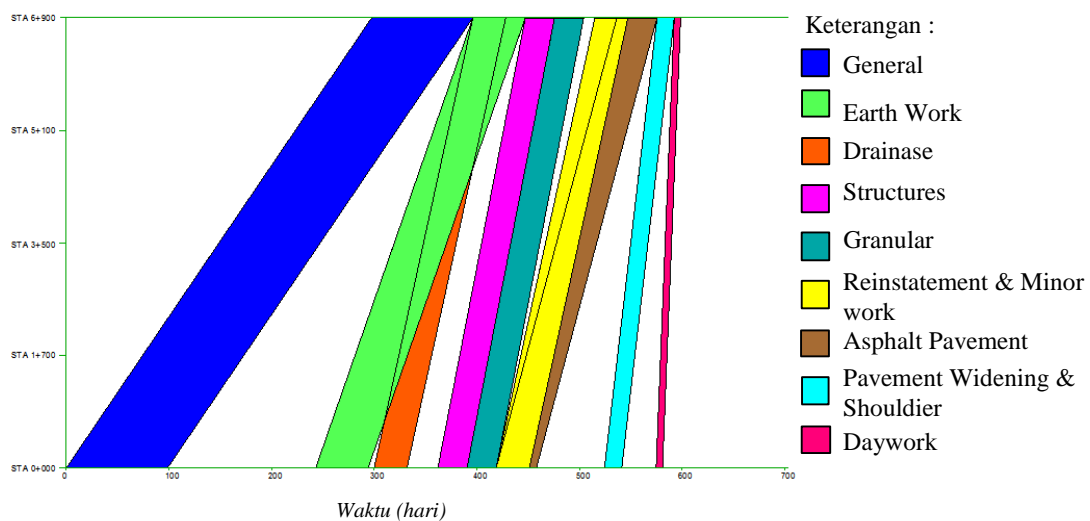
Karena durasi waktu siklus pekerjaan bervariasi untuk tiap divisi pekerjaan, maka apabila durasi divisi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih cepat, dijadwalkan dari akhir divisi pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan FF (*Finish to Finish*). Sedangkan bila durasi dari *successor* lebih lambat maka dijadwalkan setelah siklus pertama dari divisi pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) selesai atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan SS (*Start to Start*). Sebagai contoh, divisi pekerjaan *Drainase* (lihat tabel

5.12) diidentifikasi memiliki durasi total yang lebih cepat dari paket pekerjaan *General*. Oleh karena itu, paket pekerjaan *Drainase* dijadwalkan dari akhir divisi pekerjaan yang mendahului, yaitu dari akhir divisi *General* pada hari ke-396, sehingga diharapkan paket pekerjaan *Drainase* akan selesai pada hari ke-428 (396+32 hari). Sedangkan divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* adalah contoh dari divisi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) yang lebih lambat dari *pedecessor*-nya, yaitu divisi pekerjaan *Granular*. Oleh karena itu, divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* dijadwalkan setelah siklus pertama divisi pekerjaan *Granular* selesai, yaitu pada hari ke-419 (391+28 hari), sehingga diharapkan divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* akan selesai pada hari ke-575 (419+156 hari). Untuk lebih lengkapnya, ditunjukkan pada tabel 5.12 sebagai berikut :

Tabel 5.12. LoB *Schedule* Pada Proyek Jalan Demak *Bypass*

No.	DIVISI	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
I	General	99	396	0	396
II	Drainase	32	128	300	428
II	Earthwork	51	204	243	447
IV	Structure	28	112	363	475
V	Granular	28	112	391	503
VI	Asphalt Pavement	39	156	419	575
VII	Reinstatement & Minor Work	32	128	419	547
VIII	Pavement Widening & Shouldier	17	68	524	592
IX	Dayworks	6	24	574	598

Berdasarkan perhitungan tabel 5.12 di atas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk *section* 1 adalah pada hari ke-580, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan *Dayworks* ( 574+6 hari). *Delivery Rate* untuk tiap *section* berikutnya adalah tiap 6 hari sesudahnya. Jadi, total durasi waktu penyelesaian proyek adalah 598 hari. Adapun diagram LoB pada proyek Jalan Demak *Bypass* ditunjukkan pada gambar 5.33 di bawah ini.



Gambar 5.33. Diagram LoB Proyek Jalan Demak Bypass

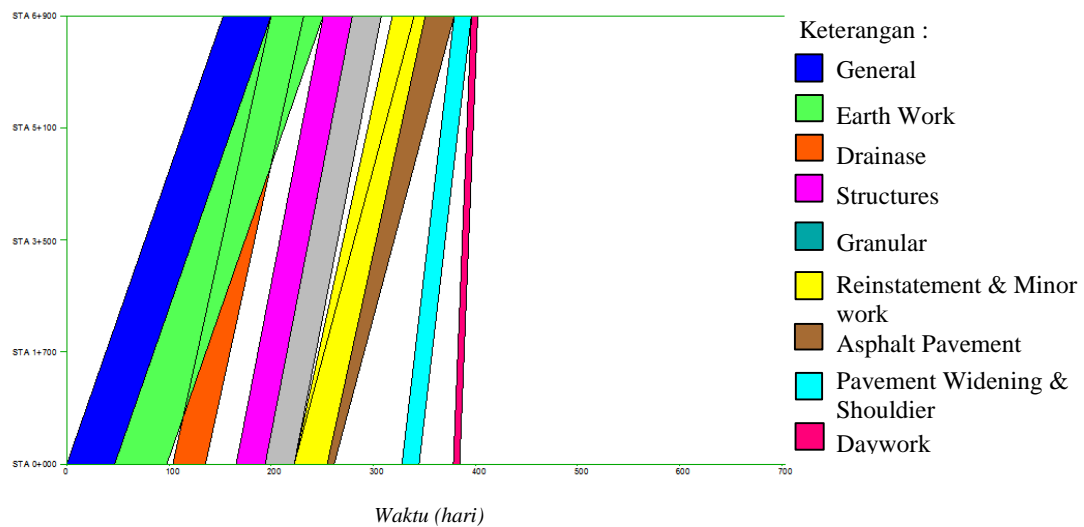
Dari diagram LoB 5.33 di atas, pekerjaan yang saling mengganggu dapat dengan mudah terdeteksi, yaitu: pada divisi pekerjaan *Drainase* dan *Earthwork* yang saling berpotongan, serta divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* yang memotong *Reinstatement & Minor Work*. Selain itu, dengan jelas dapat diperlihatkan bahwa dengan mempercepat siklus waktu dari paket pekerjaan *General*, maka durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat dikurangi. Misalnya siklus waktu dari paket pekerjaan *General* dipercepat dari 99 hari menjadi 50 hari per siklus pekerjaan, maka durasi dari keseluruhan paket pekerjaan Jalan Demak Bypass berubah sebagai berikut:

Tabel 5.13. Perbaikan 1 LoB *Schedule* pada Proyek Jalan Demak Bypass

No.	DIVISI	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
I	General	50	200	0	200
II	Drainase	32	128	104	232
II	Earthwork	51	204	50	251
IV	Structure	28	112	167	279
V	Granular	28	112	195	307
VI	Asphalt Pavement	39	156	223	379
VII	Reinstatement & Minor Work	32	128	223	351
VIII	Pavement Widening & Shouldier	17	68	328	396
IX	Dayworks	6	24	378	402

Berdasarkan perhitungan tabel 5.13 di atas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk *section 1* adalah pada hari ke-384, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan *Dayworks* ( 378+6 hari). *Delivery Rate* untuk tiap *section* berikutnya adalah tiap 6 hari sesudahnya. Jadi, waktu penyelesaian proyek menjadi lebih cepat 196 hari dari

jadwal LoB semula, yaitu dari 598 hari menjadi 402 hari. Adapun diagram LoB Perbaikan 1 pada proyek Jalan Demak *Bypass* ditunjukkan pada gambar 5.34 di bawah ini.



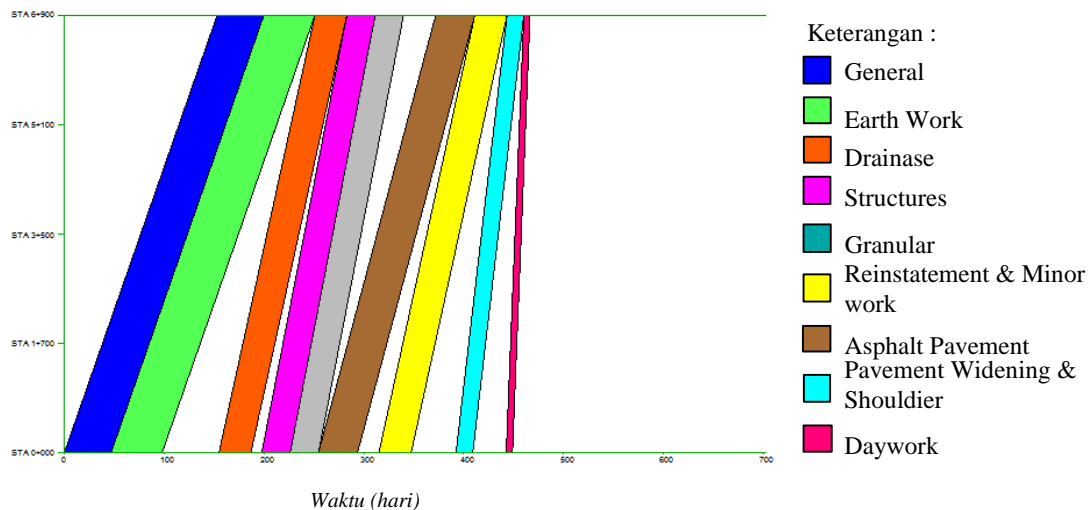
Gambar 5.34. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek Jalan Demak *Bypass*

Dari diagram perbaikan 1 (gambar 5.34) di atas, tampak durasi penyelesaian proyek menjadi menjadi lebih cepat namun masih terdapat adanya kegiatan yang saling mengganggu, yaitu: pada divisi pekerjaan *Drainase* dan *Earthwork* yang saling berpotongan, serta divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* yang memotong *Reinstatement & Minor Work*. Oleh karena itu, agar tidak saling mengganggu jalannya pekerjaan sebaiknya divisi pekerjaan *Drainase* digeser setelah *Earthwork*. Sedangkan paket pekerjaan *Sanitaires Work* dijadwalkan setelah paket pekerjaan *Ceiling Finished* dan *Reinstatement & Minor Work* dijadwalkan setelah divisi pekerjaan *Asphalt Pavement* sehingga durasi dari keseluruhan paket pekerjaan Proyek Jalan Demak *Bypass* berubah menjadi sebagai berikut:

Tabel 5.14. Perbaikan 2 LoB *Schedule* Pada Proyek Jalan Demak *Bypass*

No.	DIVISI	DURASI PER SIKLUS PEKERJAAN (hari)	DURASI TOTAL	START PAKET	FINISH PAKET
I	General	50	200	0	200
II	Drainase	32	128	155	283
II	Earthwork	51	204	50	251
IV	Structure	28	112	199	311
V	Granular	28	112	227	339
VI	Asphalt Pavement	39	156	255	411
VII	Reinstatement & Minor Work	32	128	315	443
VIII	Pavement Widening & Shouldier	17	68	392	460
IX	Dayworks	6	24	442	466

Berdasarkan perhitungan tabel 5.14, diperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 466 hari dengan penyelesaian untuk *section 1* adalah pada hari ke-448, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan *Dayworks* (442 + 6 hari). Adapun diagram LoB perbaikan 2 pada proyek Jalan Demak *Bypass* adalah sebagai berikut:



Gambar 5.35. Perbaikan 2 Diagram LoB Proyek Jalan Demak *Bypass*

Dari diagram perbaikan 2 (gambar 5.33) di atas, tampak durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 466 hari, di mana lebih cepat 132 hari dari jadwal LoB yang semula 598 hari dan sudah tidak ada lagi kegiatan yang saling mengganggu.

### 5.1.6.3. LoB Proyek *Graving Dock*

Berdasarkan data perencanaan dan penjadwalan proyek *Graving Dock* dan dari hasil kajian pustaka, proyek *Graving Dock* ini tidak termasuk dalam kategori proyek linier atau berulang, sehingga tidak dapat dielaborasi menggunakan metode LoB.

### 5.1.7. Elaborasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek dengan *Time Chainage Diagram*

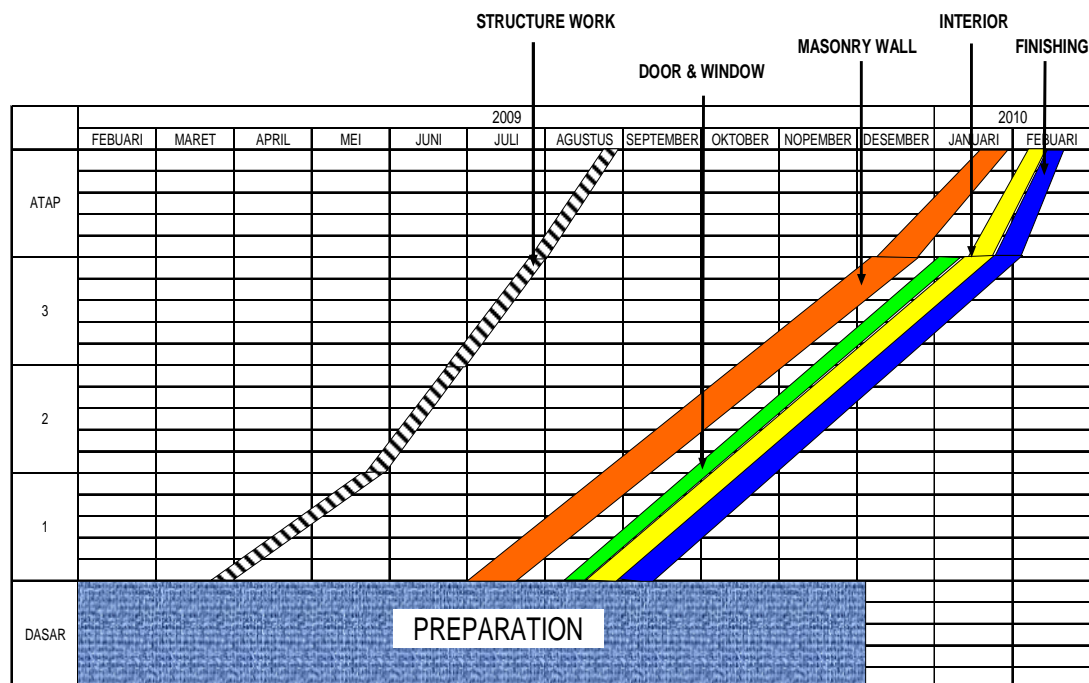
Metode *Time Chainage Diagram* adalah merupakan kombinasi dari metode LOB dengan metode *Bar Chart*, dengan item kegiatan diplotkan pada waktu sepanjang sumbu x dan jarak/*chainage* pada sumbu yang lain atau sebaliknya. Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya, metode *Time Chainage Diagram* biasanya menggunakan lima bentuk dasar simbol, yaitu: garis horizontal, garis vertikal, garis miring, kotak miring, dan persegi yang



masing-masing bentuk tersebut memiliki interpretasi sendiri-sendiri. Namun, selain bentuk-bentuk tersebut masih dimungkinkan untuk menggunakan bentuk-bentuk yang lain.

Adapun yang akan dielaborasi adalah proyek *Teaching Hospital* Gedung A dan Jalan Demak *Bypass*, yaitu dengan cara mengintrepetasikan item kegiatan pada masing-masing proyek tersebut ke dalam bentuk-bentuk dasar yang menjadi simbol pada *Time Chainage Diagram*, kemudian menggambarannya sesuai dengan asumsi durasi yang ada pada *Bar Chart* (Gambar 5.6 dan 5.7). Apabila terdapat kegiatan yang saling berpotongan, maka sebaiknya dihindari, antara lain dengan cara digeser waktu pelaksanaannya atau di pecah menjadi menjadi beberapa bagian atau bisa juga menjadwalkannya mulai dari *Chainage* yang besar ke *Chainage* yang lebih kecil sehingga penumpukan material ,alat dan tenaga kerja pada lokasi dan waktu yang sama dapat dihindari.

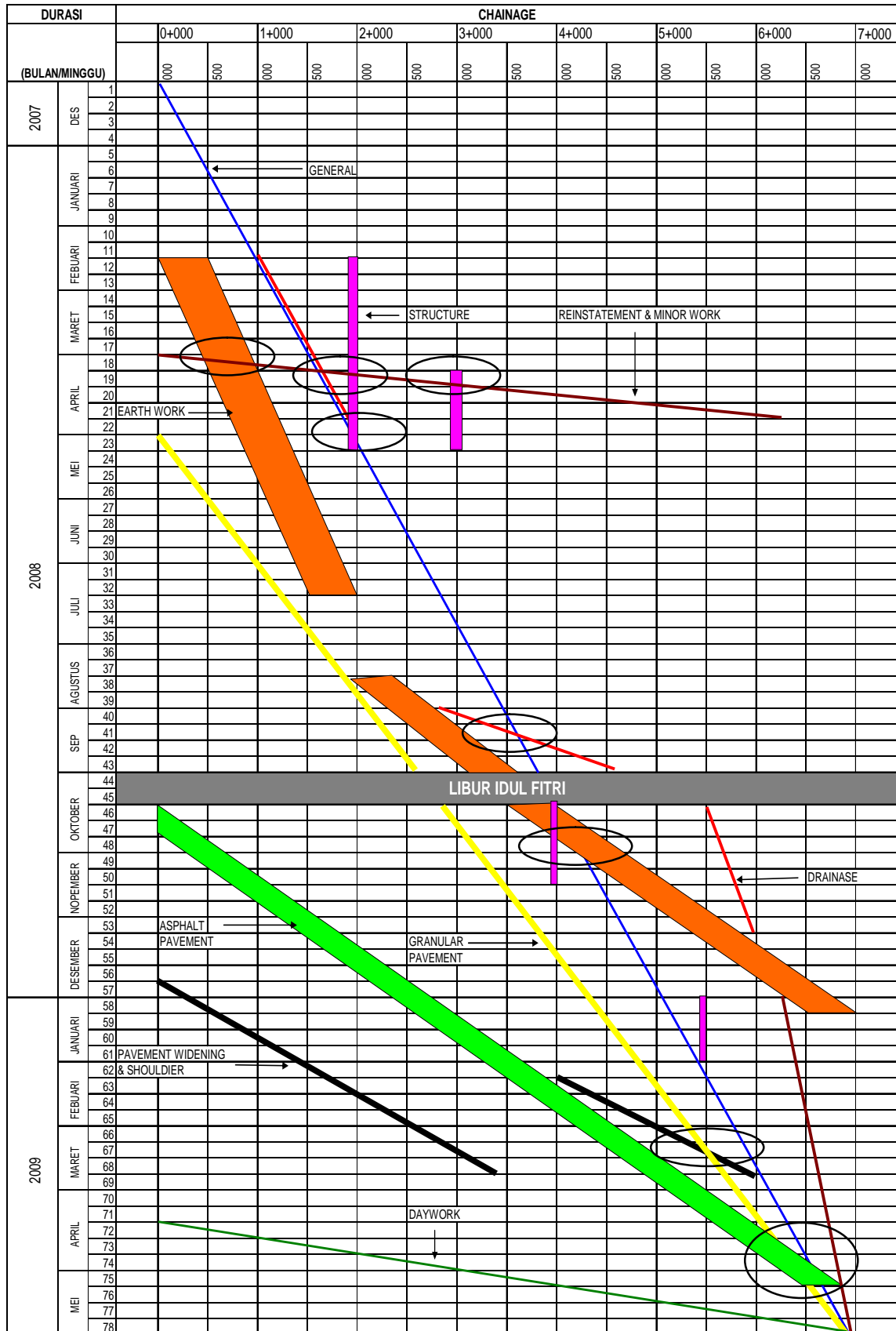
#### 5.1.7.1. Time Chainage Diagram Proyek Teaching Hospital Gedung A



Gambar 5.36. Time Chainage Diagram Proyek Teaching Hospital Gedung A

Dari *Time Chainage Diagram* Proyek *Teaching Hospital* Gedung A gambar 5.36 di atas, hubungan logika ketergantungan antar kegiatan sulit untuk diketahui. Selain itu, lintasan kritis kegiatan proyek juga tidak dapat ditunjukkan dengan jelas dan perhitungan kecepatan produksinya juga sulit diketahui. Namun, metode ini dapat mendeteksi hambatan atau gangguan antar kegiatan dari perpotongan bentuk-bentuk dasar yang menjadi simbol masing-masing kegiatan.

### 5.1.7.2. Time Chainage Diagram Proyek Jalan Demak Bypass



Gambar 5.37. Time Chainage Diagram Proyek Jalan Demak Bypass

Dari gambar 5.37 hambatan atau gangguan antar kegiatan dapat dideteksi secara langsung dari perpotongan bentuk-bentuk dasar yang menjadi simbul dari masing-masing kegiatan. Item pekerjaan yang saling berpotongan tersebut antara lain, yaitu: 1) Item pekerjaan *Reinstatement & Minor Work* yang memotong pekerjaan *Earthwork* yang terjadi pada minggu pertama bulan April 2008 di antara *Chainage* 0+500 sampai 1+000, kemudian memotong pekerjaan *General* dan *Drainase* pada awal minggu kedua bulan April 2008 di *Chainage* 1+500-an, kemudian memotong pekerjaan *Structure* pada minggu kedua bulan April 2008 di antara *Chainage* 1+800 sampai 2+000 dan pada minggu ketiga bulan April 2008 di antara *Chainage* 2+800 sampai 3+200.

2) Item pekerjaan *Structure* memotong pekerjaan *General* dan *Drainase* pada minggu pertama bulan Mei 2008 di antara *Chainage* 1+800 sampai 2+000.

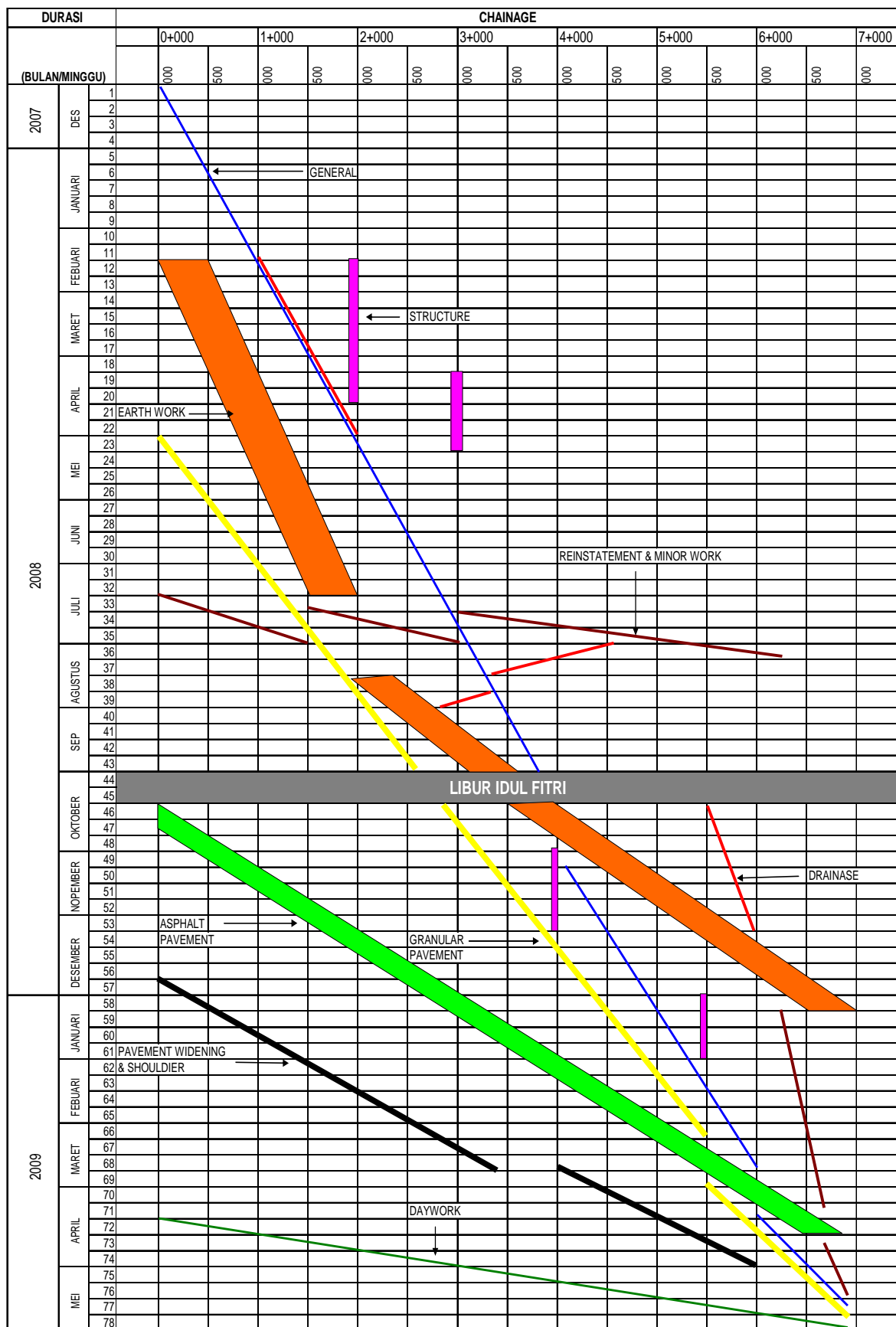
3) Item pekerjaan *Drainase* memotong pekerjaan *General* pada minggu kedua bulan September 2008 di *Chainage* 3+600-an.

4) Item pekerjaan *Structure* memotong pekerjaan *Earthwork*, dan pekerjaan *Earthwork* memotong pekerjaan *General* pada minggu ketiga, empat dan lima bulan Oktober 2008 di antara *Chainage* 3+900 sampai 4+400-an.

5) Item pekerjaan *Granular Pavement* memotong pekerjaan *Pavement Widening & Shuoldier* pada minggu kedua bulan Maret 2009 di *Chainage* 5+500-an.

6) Item pekerjaan *Asphalt Pavement* memotong pekerjaan *Granular Pavement* dan *General* pada minggu ketiga, empat dan lima bulan Maret 2009 di antara *Chainage* 6+000 sampai 6+700-an.

Oleh karena itu, agar item kegiatan tersebut tidak saling mengganggu maka item pekerjaan yang saling berpotongan dapat digeser waktu pelaksanaannya atau di pecah menjadi menjadi beberapa bagian atau bisa juga menjadwalkannya mulai dari *Chainage* yang besar ke *Chainage* yang lebih kecil sehingga penumpukan material ,alat dan tenaga kerja pada lokasi dan waktu yang sama dapat dihindari. Adapun perbaikan dari *Time Chainage Diagram* proyek Jalan Demak *Bypass* adalah sebagai berikut:



Gambar 5.38. Perbaikan Time Chainage Diagram Proyek Jalan Demak Bypass

Terlihat dari Perbaikan *Time Chainage Diagram* proyek Jalan Demak *Bypass* di atas (lihat gambar 5.38) sudah tidak ada lagi item pekerjaan yang saling memotong atau menggaggu item pekerjaan yang lain. Perbaikan tersebut dilakukan antara lain dengan cara menggeser waktu pelaksanaan pekerjaan *Reinstatement & Minor Work* yang semula dimulai pada minggu pertama bulan April 2008 menjadi minggu kedua bulan Juli 2008 dan memecahnya menjadi beberapa bagian sehingga tidak memotong item pekerjaan yang lain. Kemudian menjadwalkan item pekerjaan Drainase mulai dari *Chainage* yang besar ke *Chainage* yang lebih kecil, yaitu yang semula dari *Chainage* 2+800 ke 4+600 menjadi *Chainage* 4+600 ke 2+800 dan menggeser waktu pelaksanaannya yang semula dimulai pada bulan September 2008 menjadi Agustus 2008. Begitu juga dengan item pekerjaan yang saling berpotongan yang lainnya sehingga tidak ada lagi penumpukan material, alat dan tenaga kerja pada lokasi dan waktu yang sama.

#### **5.1.7.3. *Time Chainage Diagram* Proyek *Graving Dock***

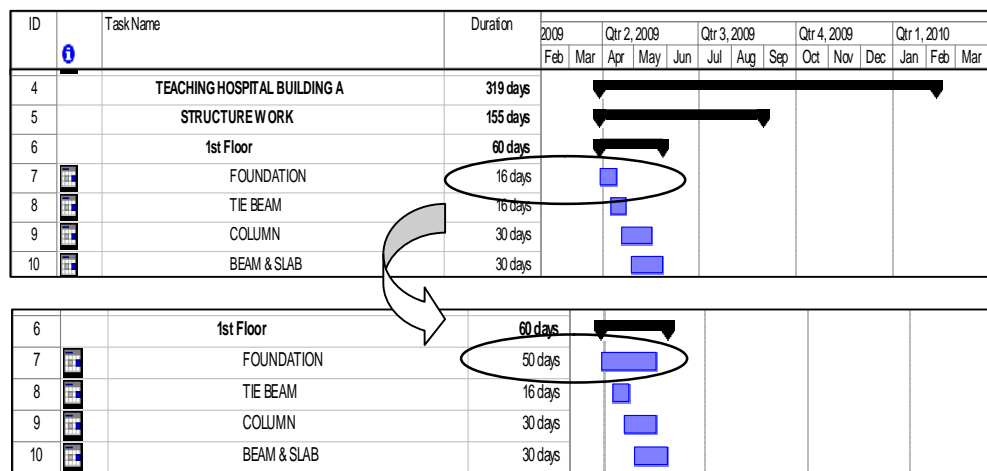
Berdasarkan data perencanaan dan penjadwalan proyek *Graving Dock* dan dari hasil kajian pustaka, proyek *Graving Dock* ini tidak termasuk dalam kategori proyek linier atau berulang, sehingga tidak dapat dielaborasi menggunakan metode *Time Chainage Diagram*.

## 5.2. Diskusi/Perbandingan Masing-Masing Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek

Aspek yang akan didiskusikan pada sub bab ini adalah mengenai kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek, yaitu metode *Bar Chart*, CPM, PDM, PERT, LoB, *Time Chainage Diagram*.

### 5.2.1. Hasil Pembahasan Metode *Bar Chart*

Diagram metode *Bar Chart* untuk proyek *Teaching Hospital Gedung A* (gambar 5.6), *Jalan Demak Bypass* (gambar 5.7) dan *Graving Dock* (gambar 5.8) di atas diperoleh dari data awal metode perencanaan dan penjadwalan proyek. Di dalam *Bar Chart* sekumpulan daftar item kegiatan disusun dalam kolom arah vertikal, sedangkan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Panjangnya diagram batang menunjukkan lamanya durasi kegiatan tersebut. Metode *Bar Chart* ini masih digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena tampilannya yang sederhana, mudah dalam pembuatannya dan dimengerti oleh pemakainya, baik dari level atasan sampai dengan para pekerja yang ada di lapangan. Namun metode *Bar Chart* ini memiliki keterbatasan, di mana *Bar Chart* tidak dapat secara spesifik menunjukkan hubungan logika ketergantungan antar kegiatan, sehingga sulit untuk mengetahui dampak akibat keterlambatan oleh satu kegiatan terhadap jadwal secara keseluruhan. Misalnya kegiatan *Foundation* (proyek *Teaching Hospital Gedung A*) pada pekerjaan struktur lantai satu mengalami keterlambatan, maka efek dari keterlambatan tersebut terhadap kegiatan *Tie Beam*, *Column*, *Beam & Slab* sulit untuk diketahui, karena tidak adanya hubungan logika ketergantungan yang jelas antar kegiatan. Lihat gambar 5.39 di bawah ini:



Gambar 5.39. Efek Keterlambatan Pada *Bar Chart*

Terlihat dari gambar 5.39 di atas, bahwa kegiatan *Foundation* mengalami keterlambatan dari 16 hari menjadi 50 hari, tetapi kegiatan yang mengikuti yaitu, *Tie Beam*, *Column*, *Beam & Slab* tidak mengalami perubahan apapun dari jadwal semula. Sehingga jadwal menjadi tidak logis karena kegiatan *Tie Beam* dapat selesai lebih dahulu sebelum kegiatan *Foundation* selesai.

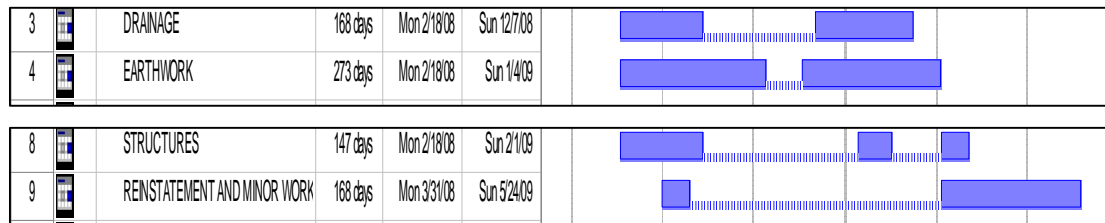
Selain itu, lintasan kritis kegiatan proyek juga tidak dapat diketahui, sehingga kegiatan-kegiatan yang perlu mendapat perhatian yang lebih agar proyek berjalan sesuai dengan jadwal yang direncanakan juga tidak dapat diketahui. Di samping itu, perbaikan atau pembaharuan (*updating*) data kegiatan tertentu di dalam *Bar Chart* yang dapat menyebabkan tambahan perubahan di dalam hubungannya dengan kegiatan yang lain juga sukar dilakukan, apalagi bila diperparah dengan meningkatnya ukuran dan kompleksitas kegiatan proyek.

Adapun perhitungan kecepatan produksi di dalam *Bar Chart*, dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah kumulatif bobot pekerjaan pada tiap-tiap item kegiatan yang telah dikerjakan (lihat gambar 5.40). Sedangkan hambatan atau gangguan antar kegiatan yang dapat mengakibatkan keterlambatan jadwal keseluruhan proyek di dalam *Bar Chart* sulit untuk diketahui.

No.	DESCRIPTION	Planned %	Month 1						
			12/2/09	16/2/09	23/2/09	2/3/09	9/3/09	16/3/09	23/3/09
			s/d 15/2/09	s/d 22/2/09	s/d 1/3/09	s/d 8/3/09	s/d 15/3/09	s/d 22/3/09	s/d 29/3/09
	UNIVERSITY TEACHING HOSPITAL								
	"A" BUILDING								
I	STRUCTURE WORK								
1.1	1 ST FLOOR	11.090	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504
1.2	2 ND FLOOR	19.993							
1.3	3 RD FLOOR	18.815							
1.4	ROOF	0.466							
II	ARCHITECTURE WORK								
2.1	1 ST FLOOR	19.027							
2.2	2 ND FLOOR	18.702							
2.3	3 RD FLOOR	5.082							
2.4	ROOF	6.826							
	Monthly progress (Planned)	100.00	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504
	Cummulative Monthly progress (Planned)		0.504	1.008	1.512	2.016	2.520	3.024	3.528

Gambar 5.40. Bobot Pekerjaan Pada *Bar Chart*

Dari data *Bar Chart* proyek Jalan Demak *Bypass* terdapat suatu item kegiatan yang tertunda pelaksanaannya atau tidak dikerjakan secara langsung (*splitable*). Item kegiatan tersebut diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 5.41. Kegiatan *Splitable* Pada *Bar Chart*

Item kegiatan tersebut adalah Pekerjaan *Drainase*, *Earthwork*, *Structures*, dan *Reinstatement and Minor Work* yang pada pertengahan pelaksanaannya terjadi interupsi atau jeda waktu kemudian baru dilanjutkan kemudian.

### 5.2.2. Hasil Pembahasan CPM

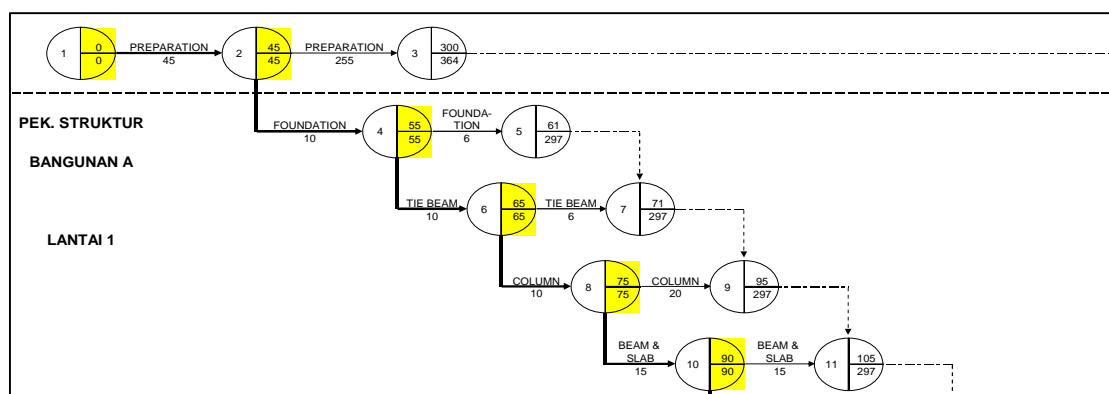
Hasil diagram Gambar 5.12. (CPM Perbaikan dari Proyek *Teaching Hospital* Gedung A), Gambar 5.13. (CPM Proyek Jalan Demak *Bypass*), Gambar 5.14. (CPM Proyek *Graving Dock*) menunjukkan keseluruhan kegiatan dari penjadwalan dengan metode *Bar Chart* yang diterapkan dalam metode CPM. Dari diagram tersebut terlihat hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain dapat ditunjukkan secara spesifik, yaitu menggunakan hubungan FS (*Finish to Start*) dan mudah untuk di *update*, serta dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan karena mempunyai hitungan matematis.

Selain itu, CPM juga dapat menunjukkan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga apabila terjadi keterlambatan proyek, prioritas pekerjaan yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan. Misalnya pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A, dengan perhitungan maju dan mundur, lintasan kritis dari diagram CPM proyek *Teaching Hospital* Gedung A (lihat gambar 5.12) adalah urutan kegiatan yang melalui jalur 1-2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22-27-29-30-38-39-40-48-49-51-56-57-58-60 yang ditandai dengan anak panah tebal dengan waktu penyelesaian proyek paling cepat 364 hari. Item-item kegiatan yang melalui lintasan kritis tersebut tidak boleh terlambat agar waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan tidak mengalami keterlambatan. Sedangkan lintasan kritis untuk proyek Jalan Demak *Bypass* (lihat gambar 5.13) adalah urutan kegiatan yang melalui jalur 1-2-20.



Adapun urutan kegiatan yang melalui jalur 1-2-6-9-10-14 adalah merupakan lintasan kritis dari proyek *Graving Dock* (lihat Gambar 5.14).

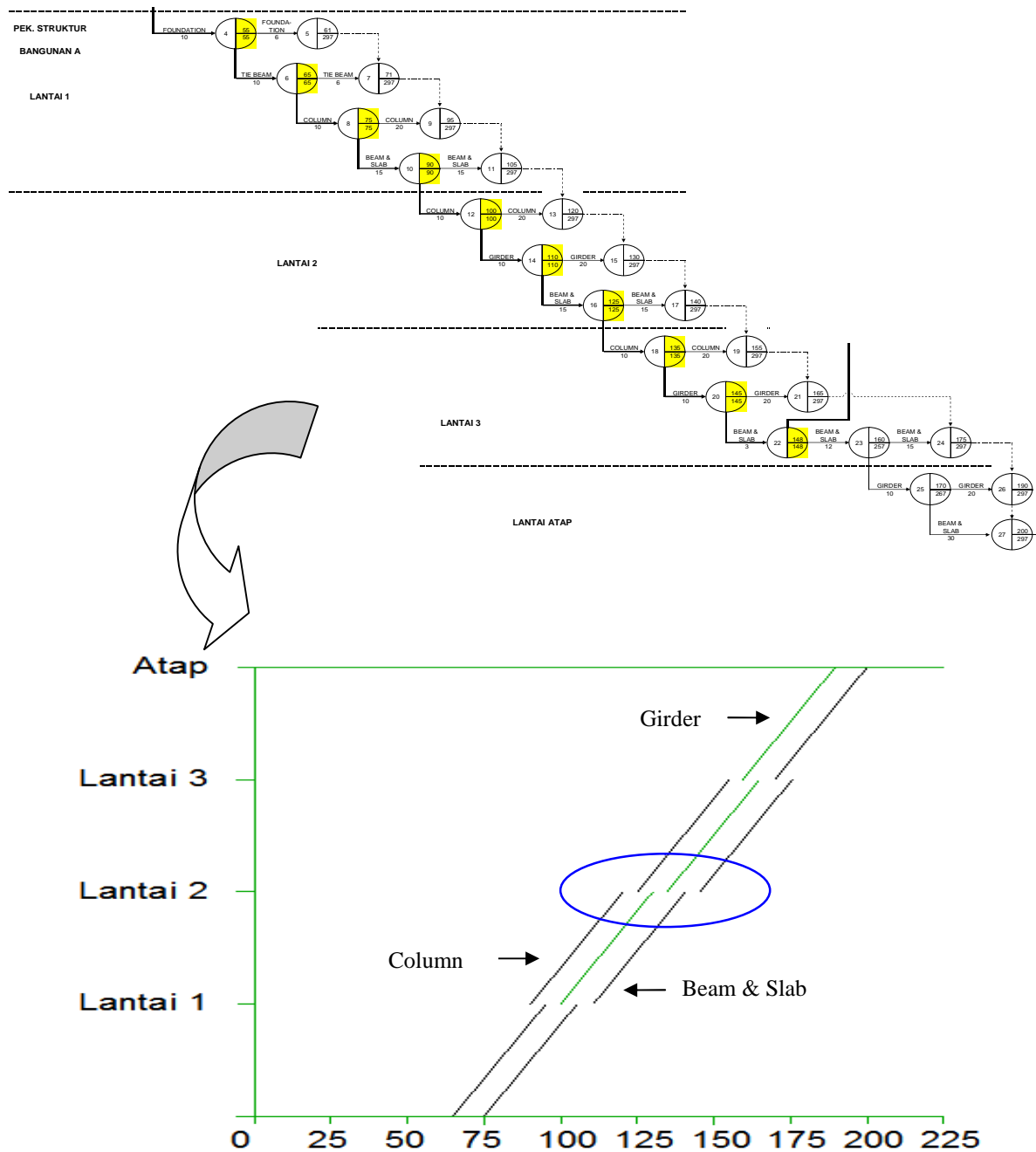
Walaupun CPM memiliki beberapa kelebihan di atas, metode CPM ini terlihat menjadi tidak efektif dan kompleks bila diterapkan pada kegiatan tumpang tindih/*overlapping* (seperti pada proyek *Teaching Hospital* gedung A) dan kegiatan yang bersifat berulang (seperti pada proyek jalan Demak *Bypass*) karena terlalu banyak mengandung hubungan dan menciptakan kegiatan *dummy* yang sangat banyak untuk memecah kegiatan. Hal itu disebabkan karena CPM hanya mempunyai satu hubungan ketergantungan yaitu hubungan *finish to start* saja. Lihat gambar 5.40 di bawah ini:



Gambar 5.42. Penggunaan *Dummy* dan Pemecahan Kegiatan Pada CPM

Terlihat dari gambar 5.42 di atas, tiap kegiatan harus dipecah menjadi 2 bagian dan dihubungkan dengan *dummy* untuk menggambarkan hubungan logika ketergantungan pada kegiatan yang berulang dan tumpang tindih. Pada gambar 5.6. *Bar Chart* proyek *Teaching Hospital* gedung A dapat dianalisa dari 35 item kegiatan yang disajikan dengan menggunakan metode *Bar Chart* berubah menjadi 60 event kegiatan dengan menggunakan CPM (lihat gambar 5.12). Sedangkan pada proyek jalan Demak *Bypass* gambar 5.7 dapat dianalisa dari 9 item kegiatan yang disajikan dengan menggunakan metode *Bar Chart* berubah menjadi 20 event kegiatan dengan menggunakan CPM (lihat gambar 5.13), dan yang terakhir pada proyek *Graving Dock* gambar 5.8 terlihat dari 9 item kegiatan yang disajikan dengan menggunakan metode *Bar Chart* berubah menjadi 14 event kegiatan dengan menggunakan CPM (lihat gambar 5.14).

Selain itu, jaringan CPM juga tidak dapat mengindikasikan tingkat produktifitas kegiatan berulang, sehingga tidak dapat mendeteksi inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya yang disebabkan oleh berhentinya suatu pekerjaan. Lihat gambar 5.43 di bawah ini:

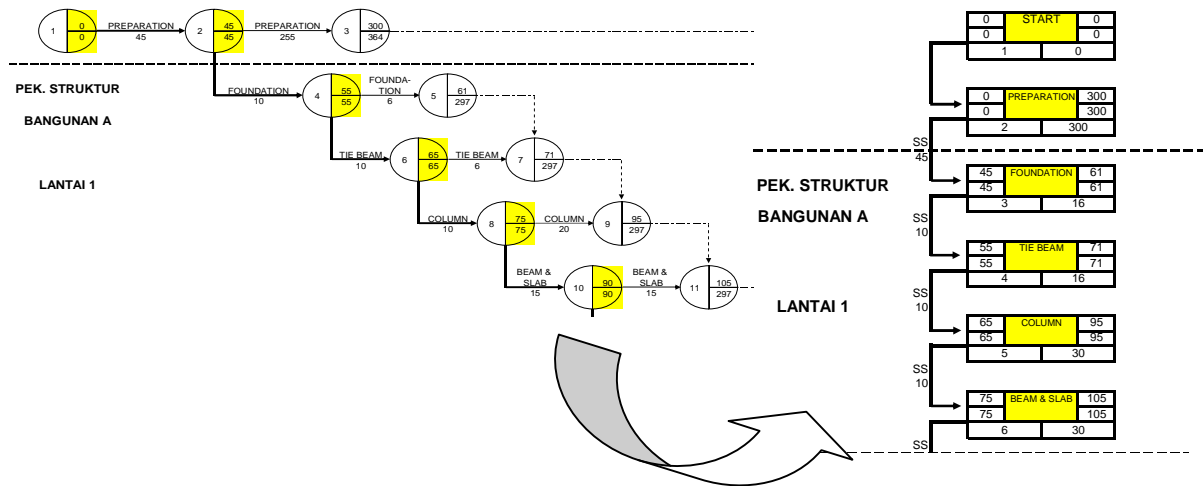


Gambar 5.43. Inefisiensi Sumber Daya Pada CPM

Terlihat dari gambar 5.43 di atas, terdapat jeda waktu pada pekerjaan *Column*, *Girder*, *Beam & Slab* dari lantai 2 ke lantai 3. Dengan demikian dari ilustrasi di atas dapat ditunjukkan bahwa CPM tidak dapat mempertahankan kontinuitas tingkat produktifitas kegiatan berulang sehingga terjadi inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya akibat berhentinya suatu pekerjaan. Di samping itu, CPM juga tidak dapat menunjukkan hambatan atau gangguan antar kegiatan di dalam jaringan kerjanya.

### 5.2.3. Hasil Pembahasan PDM

Hasil diagram Gambar 5.18 (PDM Perbaikan dari Proyek *Teaching Hospital* Gedung A), Gambar 5.19 (PDM Proyek Jalan Demak *Bypass*), Gambar 5.20 (PDM Proyek *Graving Dock*) menunjukkan keseluruhan kegiatan dari penjadwalan dengan metode *Bar Chart* yang diterapkan dalam metode PDM. Pada dasarnya perhitungan pada PDM ini mempunyai kesamaan dengan CPM, hanya yang membedakannya adalah PDM mempunyai empat hubungan ketergantungan. Sehingga diagram PDM tersebut nampak relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM dikarenakan hubungan *overlapping* dari kegiatan yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Oleh karena itu, metode ini lebih cocok bila digunakan untuk penjadwalan kegiatan yang tumpang tindih atau berulang daripada menggunakan CPM (lihat gambar 5.44).



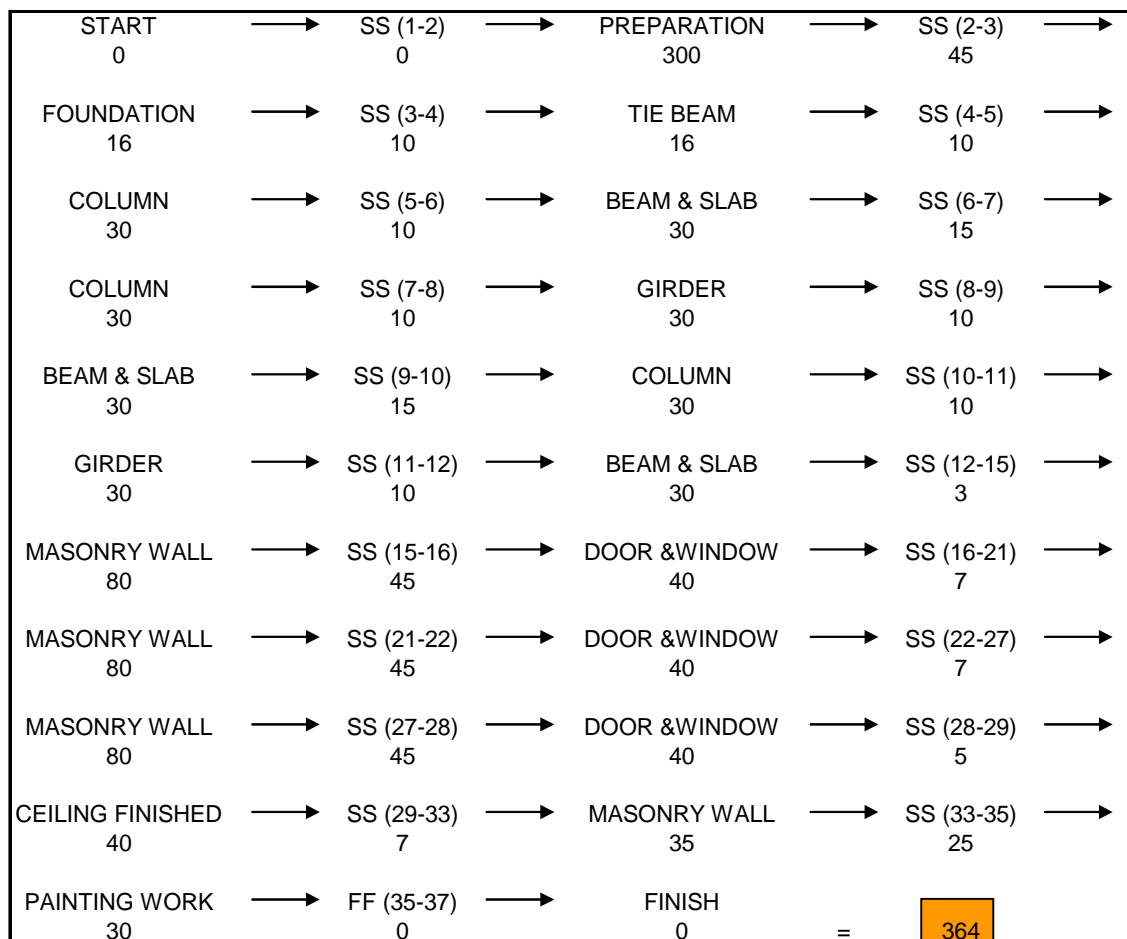
Gambar 5.44. Diagram CPM Yang Ditransfer ke PDM

Terlihat dari gambar 5.44 di atas, tampilan diagram PDM nampak lebih sederhana bila dibandingkan dengan diagram CPM, dengan item kegiatan yang lebih sedikit. Dari 11 item kegiatan dengan menggunakan CPM bisa menjadi 6 item kegiatan dengan PDM. Oleh karena itu, dari segi tampilannya PDM ini lebih cocok digunakan untuk proyek yang mempunyai kegiatan tumpang tindih atau *overlapping* daripada CPM. Dari PDM Proyek *Teaching Hospital* Gedung A (gambar 5.18) terlihat item kegiatan yang ada relatif lebih sedikit bila dibandingkan dengan item kegiatan dari CPM, yaitu dari 60 item kegiatan dengan menggunakan CPM (gambar 5.12) menjadi 37 item kegiatan dengan menggunakan PDM (gambar 5.18). Sedangkan untuk proyek Jalan Demak *Bypass*, dari 20 item kegiatan dengan menggunakan CPM (gambar 5.13) menjadi 16 item kegiatan dengan menggunakan PDM (gambar 5.19), kemudian untuk proyek *Graving Dock* dari 14 item kegiatan

dengan menggunakan CPM (gambar 5.14) menjadi 11 item kegiatan dengan menggunakan PDM (gambar 5.20).

Selain tampilannya yang relatif lebih sederhana, diagram PDM juga dapat menunjukkan hubungan logika ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain secara spesifik. PDM juga dapat menunjukkan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga apabila terjadi keterlambatan proyek prioritas pekerjaan yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan. Adapun lintasan kritis dari proyek *Teaching Hospital* Gedung A dengan menggunakan diagram PDM (gambar 5.18) adalah rangkaian kegiatan yang mengikuti jalur 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-15-16-21-22-27-28-29-33-35-37 yang ditandai dengan anak panah tebal dengan konstrain sebagai berikut :

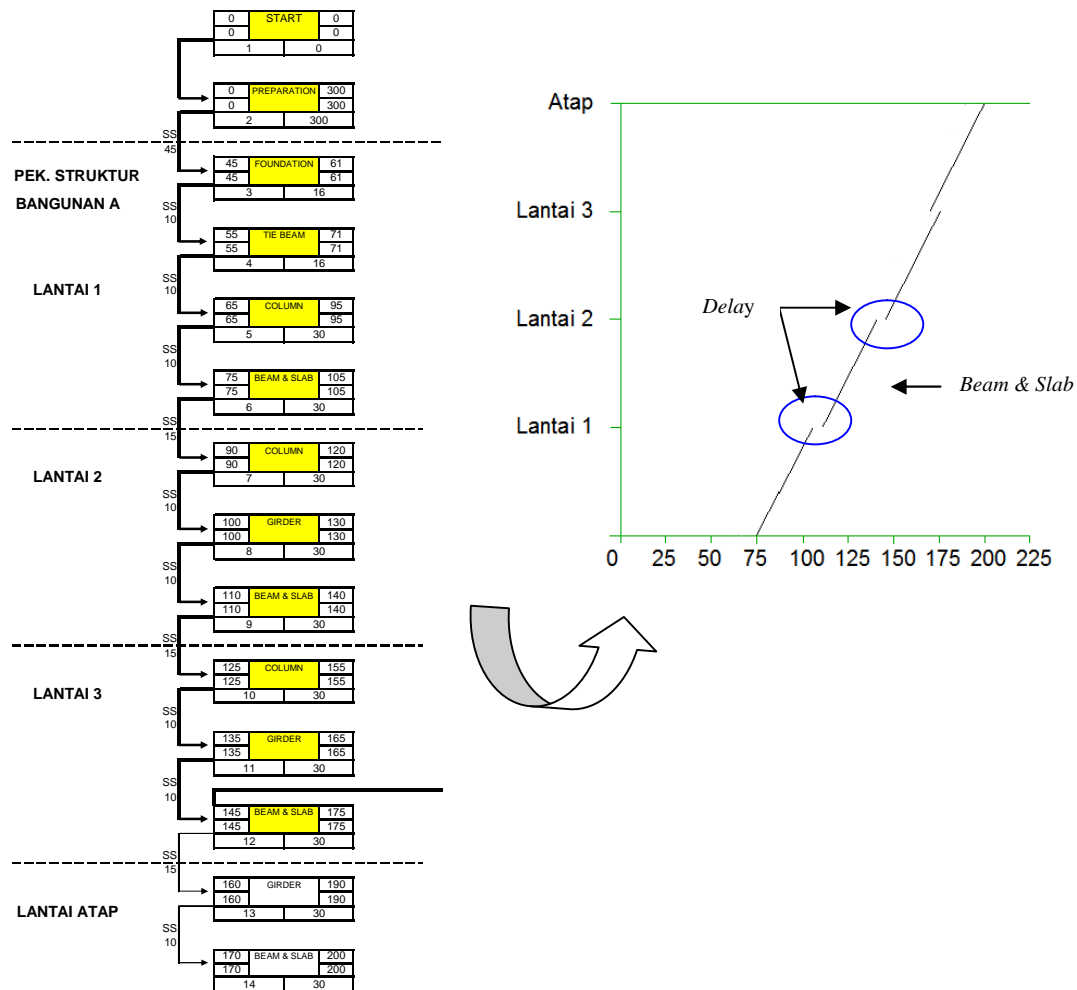
Gambar 5.45. Rangkaian Kegiatan Kritis Proyek *Teaching Hospital* Gedung A



Terlihat bahwa durasi 364 hari dari rangkaian kegiatan lintasan kritis di atas adalah lebih kecil daripada durasi masing-masing kegiatan kritis bila dijumlahkan ( $0+300+16+16+30+30+30+30+30+30+30+30+80+40+80+40+80+40+40+35+30+0=1037$ ) (lihat gambar 5.43). Hal ini dikarenakan kegiatan-kegiatan pada proyek *Teaching Hospital*

Gedung A tersebut saling tumpang tindih dan berulang. Sedangkan lintasan kritis pada proyek Jalan Demak *Bypass* dengan menggunakan PDM (gambar 5.19) adalah rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-16, kemudian untuk lintasan kritis pada proyek *Graving Dock* adalah rangkaian kegiatan yang melalui jalur 1-2-4-6-11 (gambar 5.20). Dengan demikian prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan dengan adanya metode lintasan kritis ini.

Namun, selain memiliki beberapa kelebihan di atas, PDM masih tetap belum dapat memperlihatkan perhitungan kecepatan produksi dan hambatan atau gangguan antar kegiatan sehingga untuk kegiatan yang berulang akan dijumpai beberapa waktu mengganggu atau *delay* seiring meningkatnya jumlah kegiatan dalam *network*. Misalnya pada item kegiatan *Beam & Slab* pekerjaan struktur lantai 1,2 dan 3 apabila ditranfer ke dalam diagram LoB maka akan terlihat adanya waktu mengganggu antara *Beam & Slab* lantai 1 dan 2, kemudian antara *Beam & Slab* lantai 2 dan 3. lihat gambar 5.46 di bawah ini.



Gambar 5.46. Diagram PDM Yang Ditranfer ke LoB

#### **5.2.4. Hasil Pembahasan Metode PERT**

Di samping memiliki kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh CPM dan PDM, metode PERT juga memiliki kelebihan lain, yaitu dapat memperkirakan kemungkinan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dari hasil analisa pada bab sebelumnya menunjukkan kemungkinan proyek dapat selesai sesuai dengan jadwal yang ditentukan adalah sebesar 65 % untuk proyek *Teaching Hospital* gedung A, 73 % untuk proyek *Jalan Demak Bypass*, dan 55 % untuk proyek *Graving Dock*. Namun, metode PERT ini masih memiliki kelemahan yang sama dengan CPM dan PDM, yaitu tidak dapat menunjukkan hambatan atau gangguan antar kegiatan dan tidak dapat memperlihatkan dan mempertahankan perhitungan kecepatan produksi.

#### **5.2.5. Hasil Pembahasan Metode LoB**

Dari diagram LoB dapat dilihat terdapat beberapa kegiatan yang mengalami perpotongan yang dapat mengganggu proses pelaksanaan proyek. Dengan diagram LoB ini tingkat produktifitas dari masing-masing kegiatan dapat dilihat dengan mudah, akan tetapi metode ini tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan, dan lintasan kritis dari kegiatan proyek secara keseluruhan, sehingga item kegiatan yang menjadi prioritas sulit diketahui.

#### **5.2.6. Hasil Pembahasan Metode *Time Chainage Diagram***

Dari *Time Chainage Diagram* juga dapat dilihat terdapat beberapa kegiatan yang mengalami perpotongan yang dapat mengganggu proses pelaksanaan proyek secara langsung. Namun tingkat produktifitas masing-masing kegiatan tidak dapat diketahui. Selain itu, *Time Chainage Diagram* juga tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan, dan lintasan kritis dari kegiatan proyek secara keseluruhan, sehingga item kegiatan yang menjadi prioritas sulit diketahui.

### 5.3. Analisa Komparasi

Dari perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek di atas. Maka penulis dapat menghasilkan analisa komparasi baik dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, lintasan kritis, maupun hambatan pada aktifitas kegiatan dan *main feature*. Adapun pembahasannya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.15. Analisa Komparasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek (1/2)

PERBANDINGAN METODE PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK	PENGUNAAN METODE	PERHITUNGAN KECEPATAN PRODUKSI
<i>BAR CHART</i>	Dapat digunakan untuk penjadwalan semua jenis proyek, baik gedung, jalan raya, dan bangunan air	Dengan cara menghitung jumlah kumulatif bobot pekerjaan
CPM	Mudah untuk di <i>update</i> dan cocok untuk proyek yang kompleks, misalnya proyek <i>Teaching Hospital</i> gedung A	Tidak diketahui
PDM	Sesuai untuk proyek-proyek dengan kegiatan <i>overlapping</i> , misalnya proyek <i>Teaching Hospital</i>	Tidak diketahui
PERT	Cocok untuk evaluasi proyek dan analisis risiko	Tidak diketahui
LoB	Sesuai untuk proyek-proyek repetitif dan linier, sulit untuk di <i>update</i> . Misalnya proyek jalan Demak <i>Bypass</i>	Dengan cara membagi jumlah item kegiatan dengan durasi
<i>TIME CHAINAGE DIAGRAM</i>	Cocok untuk proyek jalan dan linier, bagus untuk komunikasi.	Tidak diketahui
PERBANDINGAN METODE PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK	LOGIKA KETERGANTUNGAN	LINTASAN KRITIS
<i>BAR CHART</i>	Tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan	Tidak diketahui
CPM	Menggunakan hubungan logika ketergantungan FS ( <i>Finish to Start</i> ) saja	Dapat diketahui, yaitu : . <i>Teaching Hospital Gedung A</i> melalui jalur 1-2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22-27-29-30-38-39-40-48-49-51-56-57-58-60 . Jalan Demak <i>Bypass</i> melalui jalur 1-2-20 . Graving Dock melalui jalur 1-2-6-9-10-14

Tabel 5.15. Analisa Komparasi Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek (2/2)

<b>PERBANDINGAN METODE PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK</b>	<b>LOGIKA KETERGANTUNGAN</b>	<b>LINTASAN KRITIS</b>
PDM	Menggunakan 4(empat) jenis hubungan logika ketergantungan, SS,FF,SF,FS	Dapat diketahui, yaitu : . <i>Teaching Hospital Gedung A</i> melalui jalur 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-15-16-21-22-27-28-29-33-35-37 . Jalan Demak Bypass melalui jalur 1-2-16 . Graving Dock melalui jalur 1-2-4-6-11
PERT	Dapat menunjukkan hubungan ketergantungan dengan menggunakan pendekatan metode CPM/PDM	Lintasan kritisnya sama dengan PDM, karena menggunakan pendekatan PDM
LoB	Tidak diketahui	Tidak diketahui
<i>TIME CHAINAGE DIAGRAM</i>	Tidak diketahui	Tidak diketahui
<b>PERBANDINGAN METODE PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK</b>	<b>HAMBATAN PADA AKTIFITAS KEGIATAN</b>	<b>MAIN FEATURE</b>
<i>BAR CHART</i>	Tidak diketahui	Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan dan sumbu x menyatakan durasi waktu
CPM	Tidak diketahui	Kegiatan terletak pada anak panah di antara 2 titik (node)
PDM	Tidak diketahui	Kegiatan terletak pada titik (node) yang saling berhubungan dengan anak panah
PERT	Tidak diketahui	.Teknik diagram jaringan yang mempertimbangkan penggunaan durasi tak tentu sehingga memberikan kemungkinan penyelesaian proyek dengan 3 macam durasi. .Tampilannya menggunakan pendekatan CPM/PDM
LoB	Dapat menunjukkan dengan mudah dan jelas dari perpotongan antar kegiatan. Misalnya pada proyek gedung <i>Teaching Hospital</i> gedung A dan jalan Demak <i>Bypass</i>	Diagram dapat menunjukkan tingkat penyelesaian dari unit yang sama, di mana <i>time</i> diplotkan pada sumbu horizontal dan <i>unit number</i> pada sumbu vertikal atau sebaliknya
<i>TIME CHAINAGE DIAGRAM</i>	Dapat menunjukkan dengan mudah dan jelas dari perpotongan bentuk-bentuk dasar yang menjadi simbol dari masing-masing kegiatan.	Kombinasi dari LoB dan <i>Bar Chart</i> dengan kegiatan diplotkan pada waktu sepanjang sumbu x dan jarak atau <i>chainage</i> sepanjang sumbu yang lain.



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Dari hasil studi literatur dan analisa data dalam rangka mengkaji, dan membandingkan berbagai metode perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Metode *Bar Chart* masih sangat populer di dalam penjadwalan proyek konstruksi di Indonesia dan dapat digunakan untuk berbagai jenis proyek konstruksi, di mana dari hasil analisa data pada penelitian ini hanya 13% (2 proyek) yang menggunakan PDM, sedangkan 87% (13 proyek) lainnya masih menggunakan metode *Bar Chart*.
- Bahwa berbagai metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam penjadwalan proyek konstruksi, antara lain:
  - *Bar Chart* bersifat visual, sederhana dan mudah untuk dimengerti, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek, serta tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
  - Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) memiliki keandalan dalam menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan menentukan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga kegiatan yang menjadi prioritas apabila terjadi keterlambatan dapat diketahui, tetapi tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
  - LoB dan *Time Chainage Diagram* dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek dengan melihat ada tidaknya diagram batang yang saling berpotongan, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis kegiatan proyek.

- Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) cocok untuk proyek yang bersifat kompleks karena dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan memiliki teknik hitungan matematis.
- PDM memiliki tampilan yang relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM sehingga lebih cocok digunakan untuk proyek yang berulang daripada CPM, misalnya pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A.
- Khusus untuk PERT memiliki metode tersendiri dalam memperkirakan kemungkinan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, di mana PERT menggunakan 3 macam durasi waktu untuk masing-masing kegiatan, yaitu:  $a$  = durasi waktu optimistik,  $m$  = durasi waktu yang paling mungkin, dan  $b$  = durasi waktu pesimistik. Cocok untuk proyek yang memiliki resiko tinggi.
- Berdasarkan analisa dengan metode PERT, waktu penyelesaian proyek dengan kemungkinan 99% untuk *Teaching Hospital* Gedung A adalah 490 hari, Demak *Bypass* adalah 580 hari, sedangkan untuk proyek *Graving Dock* adalah 630 hari.
- LoB dan *Time Chainage Diagram* sesuai untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang/linier karena dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek pada waktu dan tempat tertentu, misalnya pada proyek Jalan Demak *Bypass*.
- Agar dapat saling menutupi kekurangan masing-masing metode, maka sebaiknya tidak hanya menggunakan satu metode perencanaan dan penjadwalan proyek, tapi juga dapat mengombinasikannya dengan metode yang lain. Misalnya PDM dengan LoB pada proyek yang memiliki item kegiatan berulang, yaitu dengan cara membuat PDM-nya terlebih dahulu, kemudian mentransfernya ke dalam LoB sehingga dapat diketahui item kegiatan mana yang saling mengganggu dan yang mengalami *delay* seiring meningkatnya jumlah kegiatan dalam *network*.
- Dari kekurangan dan kelebihan masing-masing metode di atas, maka penyedia jasa konstruksi dan *owner* sebaiknya minimal dapat mengetahui dan menerapkan metode *Bar Chart* dan PDM sehingga dapat mengetahui lintasan kritis kegiatan proyek. Akan lebih baik lagi jika ditambah dengan PERT sehingga probabilitas waktu penyelesaian proyek dapat diketahui.

## 6.2. Saran

Mengingat batasan-batasan yang ada dalam penelitian ini, dari analisis data dan pembahasan hasil serta kesimpulan yang telah dikemukakan di atas, maka perlu dilakukan tindak lanjut sebagai berikut :

1. Perlu adanya penerapan dan penggunaan metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang sesuai dengan karakteristik proyek.
2. Karena di dalam metode LoB belum dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis kegiatan proyek maka dapat dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai hal itu dan membandingkannya dengan metode jaringan kerja.
3. Studi ini dapat dikatakan sebagai penelitian pendahuluan, untuk pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan penelitian sejenis dengan kajian yang lebih mendalam pada metode LoB dan *Time Chainage Diagram*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Sarraj, Z.M. (1990), *Formal Development of Line-of-Balance Technique*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 116(4), 689-704.
- Ammar, M.A. dan Elbeltagi, E. (2001), *Algorithm for Determining Controlling Path Considering Resource Continuity*, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 15(4), 292–298.
- Arditi, D. dan Albulak, M.Z. (1986), *Line-of-Balance Scheduling in Pavement Construction*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 112(3), 411–424.
- Arditi, D., Tokdemir, O.B. dan Suh K. (2002<sup>(1)</sup>), *Challenges in Line-of-Balance Scheduling*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 128(6), 545-556.
- Arditi, D., Sikangwan, P. dan Tokdemir, O. (2002<sup>(2)</sup>), *Scheduling System for High-Rise Building Construction*, Constr. Manage. Econom., 20(4), 353–364.
- Bhattacharya, G.K. dan Johnson, R. A. (1977), *Statistical Concepts and Method*, John Wiley & Sons, Toronto.
- Birrell, G.S. (1980), *Construction Planning Beyond The Critical Path*, J. Constr., ASCE, 106 (3), 389-407.
- Chrzanowski, E. dan Johnston, D. (1986), *Application of Linear Scheduling*, J. Constr. Eng. Manage., 112(4), 476-491.
- Ervianto, Wulfram, I. (2005), *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*, Edisi III, Andi, Yogyakarta.
- Glenwright Jr., Earl T. (2004), *Let's Scrap The Precedence Diagramming Method*, AACE International Transactions, PS. 08.1- PS. 08.6.
- Hassanein, A. and Moselhi, O. (2004), *Planning and Scheduling Highway Construction*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 130 (5), 638-646.
- Hegazy, T. dan Wassef (2001), *Cost Optimization in Projects with Repetitive Nonserial Activities*, J. Constr. Eng. and Mgmt., 127(3), 183–191.
- Hegazy, T. dan Kamarah, E. (2008), *Efficient Repetitive Scheduling for High-Rise Construction*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 134(4), 253–264.
- Hinze, J.W. (2008), *Construction Planning and Scheduling*, Third Edition, Pearson Education Inc, New Jersey.
- Husen, Abrar, (2008), *Manajemen Proyek*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

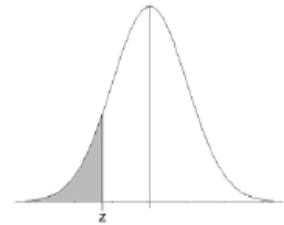
- Kankainen, J. dan Sandvik, T. (1993), *Controlling a Construction Project*, Confederation of Finnish Construction Industries, Rakennustieto Oy, Helsinki, Finland. 103 pp.
- Kavanagh, D.P. (1985), *SIREN: A Repetitive Construction Simulation Model*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 111(3), 308-323.
- Kenley, R. dan Seppänen, O. (2009), *Location-Based Management of Construction Projects: Part of A New Typology for Project Scheduling Methodologies*, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, 2563-2570.
- Kiiras, J. (1989), *A Schedule and Resource Planning System for The Implementation Phase Control of Special Projects*, Helsinki University of Technology Construction Economics and Management Publications. Espoo, Finland.
- Laksito, Budi (2005), *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)*, Media Teknik Sipil, 85-91.
- Lembaga Administrasi Negara (2007), *Diklat Teknis Manajemen Proyek (Project Management)*, Modul 3 Persiapan Pelaksanaan, Eselon IV, Departemen dalam Negeri.
- Lumsden, P. (1968), *The Line of Balance Method*, Pergamon Press Ltd., Industrial Training Division, London.
- Mawdesley, M.J., Askew W.H., Lees J.L., Stevens C.S. dan Taylor J. (1989), *Time Chainage Charts for Scheduling Linear Projects*, Proc., 6th ASCE Conf. on Comp. in Civ. Engrg., ASCE, Atlanta, 613–620.
- Mawdesley, M.J., Askew W.H. dan O'Reilly M. (1997), *Planning and Controlling Construction Project (The Best Laid Plan...)*, The Chartered Institute of Building, England.
- Mockler R.J. (1972), *The Management Control Process*, Prentice-Hall.
- Moder J. J., Philips C. R., Davis E. W. (1983), *Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming*, Van Nostrand Reinhold Co.
- Narbuko, C. dan Ahmadi, A. (2002), *Metodologi Penelitian*, Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Neale, R.H. dan Neale, D.E. (1989), *Construction Planning. 1st Ed.*, Thomas Telford Ltd., London, England.
- O'Brien, J.J. dan Plotnick, F.L. (1999), *CPM in Construction Management*, Fifth Edition, McGraw-Hill.
- Prasetya, H. dan Lukiastruti, F. (2009), *Manajemen Operasi*, MedPress, Yogyakarta.

- Reda, R.M. (1990), *RPM: Repetitive Project Modeling*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 116(2), 316–330.
- Selinger, S. (1980), *Construction Planning for Linear Projects*, J. Constr. Div., ASCE, 106(2), 195–205.
- Setianto, A. (2004), *Studi Perbandingan Metode Bar Chart dengan Line of Balance (LoB) dalam Penjadwalan Kegiatan Pembangunan Perumahan*, Tesis, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Setyawan, A.A. (2007), *Evaluasi Pengendalian Waktu dan Biaya (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Ngantru Desa Gabus Kabupaten Pati Jateng)*, Tesis, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Soeharto, Iman (1999), *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, Jilid I, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Stevens, J.D. (1990), *Techniques for Construction Network Scheduling*, McGraw-Hill, Singapore.
- Stradal, O. dan Cacha, J. (1982), *Time Space Scheduling Method*, J. Constr. Div., ASCE, 108(3), 445–457.
- Suhail, S.A. dan Neale, R.H. (1994), *CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and Line of Balance*, J. Constr. Eng. and Mgmt., 120(3), 667-684.
- Uher, T.E. (1996), *Programming and Scheduling Techniques*, Construction Project Management and Economic Unit, School of Building, University of NWS, Australia.
- Vorster, M. C., Beliveau, Y. J. and Bafna, T. (1992), *Linear Scheduling and Visualization*, Transportation Research Record 1351, Transportation Research Board, Washington, D.C., 32-39.
- Weaver, Patrick (2006), *A Brief History of Schedulling*, Project Services Pty Ltd, Canberra.
- <http://www.cadstation.com.au>

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Tabel Distribusi Standar Normal Kumulatif Z Negatif

#### Standard Normal Cumulative Probability Table

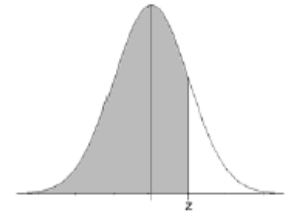


Cumulative probabilities for NEGATIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

## Lampiran B. Tabel Distribusi Standar Normal Kumulatif Z Positif

**Standard Normal Cumulative Probability Table**



Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998



**Lampiran C. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek *Teaching Hospital* Gedung A**

NO	JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)		
		a	m	b
1	<b>TEACHING HOSPITAL</b>			
2	PREPARATION	250	300	360
3	<b>TEACHING HOSPITAL BUILDING A</b>			
4	<b>STRUCTURE WORK</b>			
5	<b>1st Floor</b>			
6	FOUNDATION	14	16	30
7	TIE BEAM	14	16	30
8	COLUMN	28	30	40
9	BEAM & SLAB	28	30	60
10	<b>2nd Floor</b>			
11	COLUMN	28	30	60
12	GIRDER	21	30	60
13	BEAM & SLAB	28	30	60
14	<b>3rd Floor</b>			
15	COLUMN	28	30	40
16	GIRDER	14	30	60
17	BEAM & SLAB	21	30	60
18	<b>Roof plan</b>			
19	GIRDER	28	30	60
20	SLAB & BEAM	28	30	60
21	<b>ARCHITECTURE WORK</b>			
22	<b>1st Floor</b>			
23	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120
24	DOOR AND WINDOW	30	40	60
25	CEILING FINISHES	28	40	120
26	SANITAIRS WORK	21	25	30
27	PAINTING WORK	21	45	60
28	OTHERS WORK	12	20	30
29	<b>2nd Floor</b>			
30	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120
31	DOOR AND WINDOW	28	40	60
32	CEILING FINISHES	28	40	120
33	SANITAIRS WORK	21	25	30
34	PAINTING WORK	21	45	60
35	OTHERS WORK	12	20	30
36	<b>3rd Floor</b>			
37	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	77	80	120
38	DOOR AND WINDOW	28	40	60
39	CEILING FINISHES	28	40	120
40	SANITAIRS WORK	21	25	30
41	PAINTING WORK	21	45	60
42	OTHERS WORK	12	20	30
43	<b>Roof plan</b>			
44	MASONRY WALL AND WALL FINISHES	28	35	90
45	CEILING FINISHES	30	45	90
46	PAINTING WORK	28	30	120
47	OTHERS WORK	14	20	30

**Lampiran D. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek Jalan Demak Bypass**

JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)		
	a	m	b
<b>PROYEK JALAN DEMAK BYPASS</b>			
GENERAL	423	528	554
DRAINAGE A	76	84	92
DRAINAGE B	76	84	92
EARTHWORK A	125	147	154
EARTHWORK B	107	126	132
PAVEMENT WIDENING AND SHOULDER	75	93	102
GRANULAR PAVEMENT	140	147	154
ASPHALT PAVEMENT	168	210	231
STRUCTURES A	72	84	88
STRUCTURES B	32	35	39
STRUCTURES C	25	28	29
REINSTATEMENT AND MINOR WORK A	23	28	29
REINSTATEMENT AND MINOR WORK B	112	140	154
DAYWORK	27	28	29

**Lampiran E. Data Estimasi Durasi PERT Pada Proyek Graving Dock**

JENIS PEKERJAAN	DURASI (hari)		
	a	m	b
<b>PROYEK GRAVING DOCK</b>			
PEKERJAAN PERSIAPAN	519	546	600
PEKERJAAN TANAH DAN PENGERINGAN	337	347	416
PEKERJAAN TIANG PANCANG, SHEET PILE DAN PEMANCANGAN	470	494	568
PEKERJAAN BETON	261	290	319
PEKERJAAN LAIN-LAIN	326	343	377
PEKERJAAN PENAHAN SEMENTARA UJUNG MULUT DOK	47	50	58
PEKERJAAN JALAN DENGAN KONSTRUKSI ASPAL PENETRASI SELEBAR 6M KELILING TEPI DOK DAN TEPI LAUT	34	35	39
PEKERJAAN PENAHAN TANAH TEPI LAUT (l=22M) DI KIRI KANAN MULUT DOK	29	30	35
LAMPU PENERANGAN DI DINDING DOK TERMASUK INSTALASI DAN PANEL PENERANGAN	27	30	33